



TUGAS AKHIR - RC14-1501

PERENCANAAN PONDASI TIANG PANCANG DENGAN MEMPERHITUNGKAN PENGARUH LIKUIFAKSI PADA PROYEK PEMBANGUNAN HOTEL DI LOMBOK

MUHAMMAD ILHAM GUMILANG SYAFEI
NRP 3112 100 116

Dosen Pembimbing
Prof. Ir. Indrasurya B. Mochtar, M.Sc., Ph.D.
Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.T.

JURUSAN TEKNIK SIPIL
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

**PERENCANAAN PONDASI TIANG PANCANG
DENGAN MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK PEMBANGUNAN
HOTEL DI LOMBOK**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Bidang Studi Geoteknik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MUHAMMAD ILHAM GUMILANG SYAFEI
NRP. 3112 100 116

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. Indrasurya B. M. M.Sc., Ph.D. (Pembimbing 1)

2. Dr. Yudhi Lastiasih, S.T., M.Eng. (Pembimbing 2)

SURABAYA
JULI, 2016

PERENCANAAN PONDASI TIANG PANCANG DENGAN MEMPERHITUNGKAN PENGARUH LIKUIFAKSI PADA PROYEK PEMBANGUNGAN HOTEL DI LOMBOK

Nama : Muhammad Ilham Gumilang Syafei
NRP : 3112 100 116
Jurusan : Teknik Sipil FTSP – ITS
Dosen Pembimbing I : Dr. Ir. Indrasurya B.M., M.Sc., Ph.D.
Dosen Pembimbing II : Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

ABSTRAK

Indonesia merupakan kawasan rawan gempa. Hal tersebut dapat dilihat dari kondisi letak geografis Indonesia, bahwa Indonesia merupakan tempat bertemunya 4 lempeng dunia yaitu, lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, lempeng Filipina dan lempeng Pasific. Bukti lainnya adalah banyaknya jumlah gunung berapi yang aktif di Indonesia. Jika mendesain sebuah bangunan pada lokasi tanah yang dominan pasir, maka salah satu bahaya yang dihadapi adalah likuifaksi. Likuifaksi adalah suatu kondisi berubahnya perilaku tanah dari padat menjadi cair akibat adanya getaran atau beban sklik. Salah satu penyebab dapat terjadinya likuifaksi adalah gempa. Maka jika mendesain bangunan yang berada pada kondisi tanah pasir serta daerah gempa tinggi, harus dilakukan analisa zona likuifaksi.

Saat ini terdapat sebuah proyek pembangunan hotel di Pantai Malimbu, Lombok. Proyek tersebut berada di tanah dominan pasir dan juga termasuk daerah dengan resiko gempa tinggi. Pada perencanaan yang telah dilakukan, pihak perencanaan tidak melakukan analisa terhadap zona likuifaksi dan pengurangan daya dukung pondasi tiang pancang akibat dari likuifaksi. Untuk menanggulangi adanya bahaya akibat

likuifaksi, hanya dilakukan dengan menggunakan angka keamanan (safety factor) = 5.

Pada tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan pondasi tiang pancang dengan membandingkan kondisi likuifaksi dan kondisi tidak likuifaksi. Perencanaan pondasi dilakukan terhadap 4 kondisi. Kondisi 1 adalah kondisi eksisting proyek, dimana tidak meninjau terhadap kemungkinan likuifaksi, meninjau beban gempa, dan safety factor = 5. Kondisi 2 adalah kondisi dimana meninjau kemungkinan likufaksi dan penggunaan safety factor = 1.5. Kondisi 3 adalah kondisi tidak meninjau adanya kemungkinan likuifaksi, meninjau beban gempa dan safety factor = 2. Kondisi 4 adalah kondisi tidak meninjau kemungkinan likuifaksi, tidak meninjau beban gempa dan safety factor = 3. Struktur bangunan atas akan di modelkan dengan program bantu SAP 2000. Tujuannya untuk mengetahui reaksi pada dasar bangunan. Permodelan struktur bangunan atas terdri atas 2 jenis, yaitu permodelan pada kondisi likuifaksi dan tidak likuifaksi.

Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan maka didapatkan jumlah kebutuhan pondasi tiang pancang untuk masing-masing kondisi. Kondisi 1 menggunakan PC spun pile diameter 1000 mm sejumlah 192 buah. Kondisi 2 menggunakan bored pile diameter 800 mm sejumlah 192 buah. Kondisi 3 dan kondisi 4 menggunakan PC spun pile diameter 600 mm sejumlah 192 buah dan 256 buah untuk masing-masingnya.

Kata kunci : Gempa, Likuifaksi , Tanah Pasir, Tiang Pancang, SAP 2000.

PILE FOUNDATION DESIGN BY CONSIDERING LIQUEFACTION EFFECT OF HOTEL CONSTRUCTION PROJECT IN LOMBOK

Student Name : Muhammad Ilham Gumilang Syafei
NRP : 3112 100 116
Department : Teknik Sipil FTSP – ITS
Academic Supervisor I: Dr. Ir. Indrasurya B.M., M.Sc., Ph.D.
Academic Supervisor II: Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

ABSTRACT

Indonesia is located at earthquake-prone area. It can be seen from the geographical condition of Indonesia, that Indonesia has been formed from intersection between 4 tectonic plates. There are Indo-Australia plate, Eurasia plate, Filipina plate, and Pasific plate. When the building designed on sandy soil dominated area, there is a risk for liquefaction. Liquefaction is a condition canging of soil behavior from solid into liquid because of vibration or cyclic loading. Earthquake may cause the liquefaction. Therefore, when designing a building that located on sandy soil and high risk earthquake area, it has to be done with liquefaction zone analysis.

Currently, a hotel construction project is being undertaken in Malimbu beach, Lombok. The project located on sandy soil with high risk earthquake. It has observed from existing design, that consultant have not undertaken analysis in regards to liquefaction zone, as well as the decrease of soil bearing capacity due to liquefaction. For resolving the risk of liquefaction, it had been used safety factor = 5.

In this final project, pile foundation will be designed in order to compare between liquefaction condition and non liquefaction condition. The foundation will be design with 4 conditions. The first is non liquefaction condition, considering earthquake loading, and safety factor = 5. The second is

liquefaction condition, considering earthquake loading, safety factor = 1.5. The third is non liquefaction condition, considering earthquake loading, safety factor = 2. The fourth condition is non liquefaction condition, not considering earthquake loading, safety factor = 3. The upperstructure will be designed using SAP 2000. It aims to discover the joints reaction. The modeling of upperstructure consist of 2 type, that is liquefaction modeling and non liquefaction modeling.

From the calculation result, it obtained the amount of foundation needs for each condition design. Condition 1, using 600 mm diameter of PC spun pile for 192 pieces. Condition 2, using 800 mm diameter of bored pile for 192 pieces. Condition 3 and condition 4 using 600 mm diameter of PC spun pile, 192 pieces for condition 3 and 256 pieces for condition 4.

Keywords :Earthquake, Liquefaction ,Sandy Soil, Pile Foundation, SAP2000.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan.....	7
1.4 Batasan Masalah.....	7
1.5 Manfaat.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Permodelan Struktur.....	9
2.1.1 SAP 2000.....	9
2.1.2 Gempa	9
2.1.3 Beban dan Kombinasi Pembebanan	16
2.2 Pengertian Pondasi	18
2.3 Pondasi Tiang Pancang	19
2.4 Korelasi N_{SPT} untuk Mendapatkan Nilai Parameter Fisis Tanah Lainnya.	20

2.5	Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang.....	21
2.5.1	Daya dukung tanah untuk tiang pancang berdasarkan data N_{SPT} lapangan.....	21
2.5.2	Daya dukung tiang pancang grup	22
2.5.3	Ketahanan pondasi tiang pancang terhadap gaya lateral.....	23
2.5.4	P_{max} 1 tiang	29
2.6	Perencanaan Tebal Poer	29
2.7	Analisa Zona Likui-faksi	30
2.8	Biaya Kebutuhan Tiang Pancang	34
BAB III	METODOLOGI.....	35
3.1	Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir.....	35
3.2	Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir.....	36
3.2.1	Pengumpulan data	36
3.2.2	Studi literatur	37
3.2.3	Analisis data tanah.....	38
3.2.4	Menghitung reaksi berat struktur atas menggunakan SAP 2000 V.14.0.0.....	38
3.2.5	Klasifikasi zona likui-faksi berdasarkan data tanah.....	38
3.2.6	Menghitung daya dukung tanah untuk tiang pancang beton <i>spun pile</i> tanpa pengaruh likui-faksi	38
3.2.7	Menghitung daya dukung tanah untuk tiang pancang beton <i>spun pile</i> dengan memperhitungkan pengaruh likui-faksi	38

3.2.8	Menghitung jumlah dan dimensi pondasi tiang pancang yang dibutuhkan untuk kedua alternatif.....	39
3.2.9	Merencanakan konfigurasi <i>pile cap</i>	39
3.2.10	Menghitung biaya kebutuhan tiang pancang untuk kedua alternatif	39
3.2.11	Kesimpulan dan Saran.....	39
BAB IV	ANALISA DATA TANAH DAN PERMODELAN STRUKTUR	41
4.1	Data Tanah	41
4.2	Korelasi Data N_{SPT} Terhadap Parameter Fisis Tanah ..	41
4.2.1	Koreksi Data N_{SPT}	41
4.2.2	Hasil Korelasi Data N_{SPT}	45
4.3	Analisa Zona Likuifaksi	48
4.4	Permodelan Struktur Bangunan Atas	55
4.4.1	Pembebanan struktur	59
4.4.2	Hasil analisa struktur bangunan atas	60
4.4.3	Kontrol kebenaran SAP2000	60
BAB V	PERENCANAAN PONDASI.....	63
5.1	Gambaran Umum	63
5.2	Perhitungan Daya Dukung Tanah untuk Tiang Pancang.	63
5.2.1	Daya dukung tanah saat kondisi non likuifaksi	63
5.2.2	Daya dukung tanah saat kondisi likuifaksi ...	67
5.3	Kebutuhan Jumlah Pondasi Tiang Pancang	73
5.4	Konfigurasi Pondasi Tiang Pancang	80

5.5	Kontrol Ketahanan Tiang Terhadap Gaya Horizontal	80
5.6	Kontrol Material Tiang Terhadap Likuifaksi	83
5.7	Perencanaan Pondasi Bored Pile	88
5.8	Perencanaan Pilecap	89
5.8.1	Kontrol geser ponds	89
5.8.2	Perencanaan tulangan pilecap	94
5.8	Perencanaan Biaya Kebutuhan Tiang Pancang	96
BAB VI	KESIMPULAN DAN SARAN	97
6.1	Kesimpulan	97
6.2	Saran	99
DAFTAR PUSTAKA		101
LAMPIRAN		103
BIODATA PENULIS		149

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kegori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa	10
Tabel 2.2	Faktor Keutamaan Gempa	13
Tabel 2.3	Klasifikasi Situs	15
Tabel 2.4	Faktor Modifikasi Respon R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa	15
Tabel 2.5	Nilai Kenaikan Daya Dukung Ijin Berlebih.....	18
Tabel 2.6	SPT dan Korelasinya	20
Tabel 2.7	Nilai Faktor Koreksi untuk $(N_1)_{60}$ (Robertson & Wride, 1998)	33
Tabel 4.1	Hasil Perhitungan Koreksi Data N_{SPT}	43
Tabel 4.2	SPT dan Korelasinya (Sumber : J.E. Bowles, 1984)	45
Tabel 4.3	Hasil Korelasi Data N_{SPT} dengan γ , \emptyset , D_r	46
Tabel 4.4	Hasil Analisa Zona Likuifaksi	51
Tabel 4.5	Parameter Respon Spektrum Gempa Wilayah Lombok, Kelas Situs SE	60
Tabel 4.6	Hasil Kontrol Kebenaran Analisa Struktur	60
Tabel 5.1	Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah untuk Tiang Pancang Diameter 600 mm Kondisi Non Likuifaksi	64
Tabel 5.2	Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah untuk Tiang Pancang Diameter 600 mm Kondisi Likuifaksi.....	68
Tabel 5.3	Kebutuhan Jumlah Pondasi Tiang Pancang untuk Setiap Kondisi Perencanaan.....	77
Tabel 5.4	Tipe Pile Cap	80
Tabel 5.5	Kontrol Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral	82
Tabel 5.6	Nilai σ_v	84
Tabel 5.7	Nilai K_{PE}	85
Tabel 5.8	Tegangan Horizontal Tanah Pada Tiap Titik Tinjau	86
Tabel 5.9	Gaya Horizontal yang Terjadi Pada Tiang Saat Likuifaksi	87

Tabel 5.10	Hasil Kontrol Geser Ponds	93
Tabel 5.11	Penulangan Pile Cap	95
Tabel 5.12	Harga Satu Tiang Pancang untuk $L = 26$ m.....	96
Tabel 5.13	Harga Keseluruhan untuk Kebutuhan Bahan Tiang Pancang di Tiap Kondisi Perencanaan.....	96
Tabel 6.1	Kebutuhan Pondasi	98

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Peta Lempeng – Lempeng Tektonik di Indonesia..	1
Gambar 1.2	Gunung Berapi Aktif di Indonesia	2
Gambar 1.3	<i>Layout</i> Perencanaan Hotel.....	3
Gambar 1.4	Keruntuhan di Jepang Akibat Likuifaksi Selama Gempa, pada 1964.....	4
Gambar 1.5	S_s , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R), Kelas Situs SB	5
Gambar 1.6	S_1 , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R), kelas situs SB.....	5
Gambar 2.1	Peta untuk S_s (Parameter Respons Spektral) Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Resiko-Tertarget (MCE_R), Periode Ulang Gempa = 2500 Tahun, $T=0,2$ Detik, Kelas Situs SB.....	13
Gambar 2.2	Peta untuk S_1 (Parameter Respons Spektral) Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Resiko Tertarget (MCE_R), Periode Ulang Gempa = 2500 Tahun , $T=1,0$ Detik; Kelas Situs SB.....	14
Gambar 2.3	Peta untuk Percepatan Tanah Puncak (PGA), Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Rata- Rata Geometrik (MCE_G), kelas situs SB.....	14
Gambar 2.4	Prosedur Desain untuk Masing-Masing Kondisi..	25
Gambar 2.5	Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi I	26
Gambar 2.6	Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi II	27
Gambar 2.7	Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi III.....	28
Gambar 2.8	Magnitude Scalling Factor (Idriss, 1999).....	34
Gambar 3.1	Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir	36

Gambar 4.1	Grafik Hubungan CRR_M , CSR vs Kedalaman Tanah	54
Gambar 4.2	Denah Lantai Dasar Hotel	55
Gambar 4.3	Denah Lantai 2 Hotel	55
Gambar 4.4	Denah Lantai 3 – 11 Hotel	56
Gambar 4.5	Denah Lantai 12 Hotel	56
Gambar 4.6	Denah Lantai 13 Hotel	56
Gambar 4.7	Model 3 Dimensi Struktur Bangunan Hotel Saat Kondisi Tidak Likuifaksi	57
Gambar 4.8	Model 3 Dimensi Struktur Bangunan Hotel Saat Kondisi Likuifaksi.....	58
Gambar 4.9	Posisi Perletakan di Dasar Bangunan Pada Permodelan Struktur dengan SAP2000	58
Gambar 5.1	Grafik Kedalaman VS Qultimate Kondisi Non Likuifaksi	67
Gambar 5.2	Grafik Kedalaman VS Qultimate Kondisi Likuifaksi	71
Gambar 5.3	Perbandingan Daya Dukung Tanah Kondisi Likuifaksi dan Kondisi Non Likuifaksi.....	72
Gambar 5.4	Konfigurasi Tiang Pancang	74
Gambar 5.5	Sketsa Potongan Lapisan Tanah.....	83
Gambar 5.6	Grafik Tegangan Tanah Horizontal Pada Tiang Saat Likuifaksi	86
Gambar 5.7	Hasil Output pcaColumn	88
Gambar 5.8	Bidang Kritis untuk Geser Satu Arah.....	89
Gambar 5.9	Bidang Kritis untuk Geser Dua Arah	91
Gambar 5.10	Bidang Kritis untuk Geser Ponds Akibat Tiang Pancang	92
Gambar 5.11	Penampang Kritis Penulangan Lentur.....	94

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

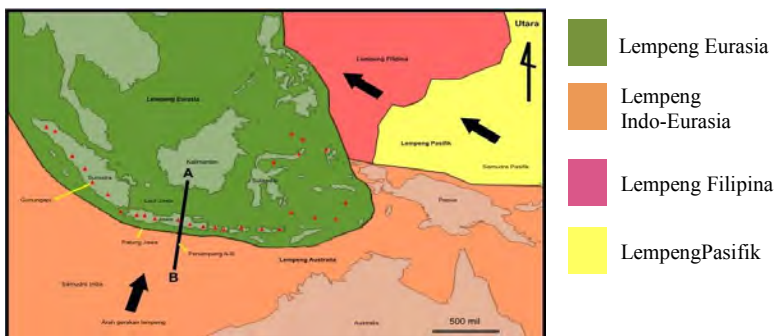
BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan daerah rawan gempa. Hal ini dapat dilihat secara geografis bahwa Indonesia merupakan daerah pertemuan 4 buah lempeng dunia yaitu, lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, lempeng Filipina, dan lempeng Pasific. Gambar sketsa pertemuan lempeng – lempeng di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.1. Zona pertemuan antar lempeng-lempeng tersebut disebut juga sebagai batas lempeng (*plate boundary*).

Keberadaan batas lempeng biasanya mencerminkan adanya aktifitas geologis di daerah tersebut seperti, gempa bumi, pembentukan gunung berapi, atau palung laut. Sebagai contoh, sederatan gunung berapi yang membentang sepanjang Pulau Jawa merupakan salah satu bentuk aktifitas geologis akibat pertemuan antara lempeng Eurasia dan lempeng Indo-Australia yang berada di selatan Pulau Jawa. Berdasarkan buku “*Volcanoes of the World*” (Simkin dan Siebert, 1994), terdapat 69 gunung berapi aktif di Indonesia. Lokasi gunung berapi di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.1 Peta Lempeng Tektonik Indonesia
Sumber : Hamilton's Modification, 1979



Gambar 1.2 Gunung Berapi Aktif di Indonesia

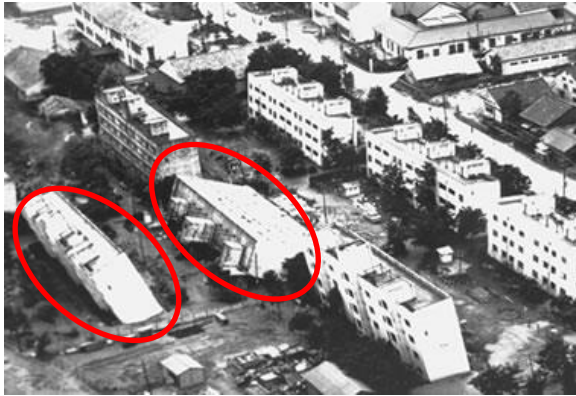
Sumber: https://id.wikipedia.org/wiki/Daftar_gunung_berapi_di_Indonesia

Saat ini sedang berlangsung sebuah proyek pembangunan hotel di Lombok. *Layout* perencanaan hotel seperti pada Gambar 1.3. Proyek tersebut berlokasi di daerah dekat pantai. Kondisi tanah di lokasi proyek adalah dominan pasir dengan konsistensi tanah *very loose* hingga *medium dense*, hal ini dapat dilihat pada data tanah di Lampiran 1. Tanah pasir yang jenuh air dengan konsistensi *very loose* – *loose* (NSPT < 10) berpotensi terhadap terjadinya likuifaksi (Seed & Idriss, 1982). Likuifaksi adalah kondisi berubahnya perilaku tanah dari padat menjadi cair akibat adanya getaran atau beban siklik, salah satunya yaitu gempa atau kondisi tanah pada saat tegangan total sama dengan tegangan air sehingga tegangan efektif tanah menjadi sama dengan nol ($\sigma' = \sigma - u = 0$). Pada saat terjadi gempa, lapisan tanah yang berpotensi terhadap likuifaksi akan kehilangan kemampuan daya dukungnya, sehingga berpengaruh terhadap daya dukung pondasi.



Gambar 1.3 *Layout* Perencanaan Hotel

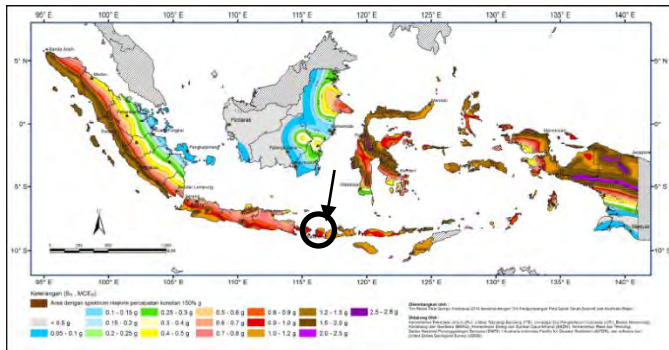
Jika lapisan tanah yang berpotensi likuifaksi hanya terdapat di kedalaman tertentu saja dan lapisannya tipis, maka ketika terjadi likuifaksi gaya *friction*/lekatan yang hilang bernilai kecil dan tidak berpengaruh signifikan terhadap penurunan daya dukung pondasi. Namun apabila likuifaksi terjadi pada lapisan tanah yang tebal, maka kehilangan gaya lekatan yang ada akan sangat berpengaruh dan berdampak besar terhadap penurunan daya dukung pondasi. Terlebih lagi, jika permukaan tanah ikut terjadi likuifaksi, maka *pilecap* pondasi yang semula diasumsikan jepit akan menjadi bebas bergoyang. Kemungkinan terburuk akibat dari terjadinya likuifaksi yaitu runtuhnya bangunan akibat kegagalan pada struktur pondasi. Contoh keruntuhan bangunan akibat likuifaksi dapat dilihat pada Gambar 1.4.



Gambar 1.4 Keruntuhan di Jepang Akibat Likuifaksi Selama Gempa, pada 1964.

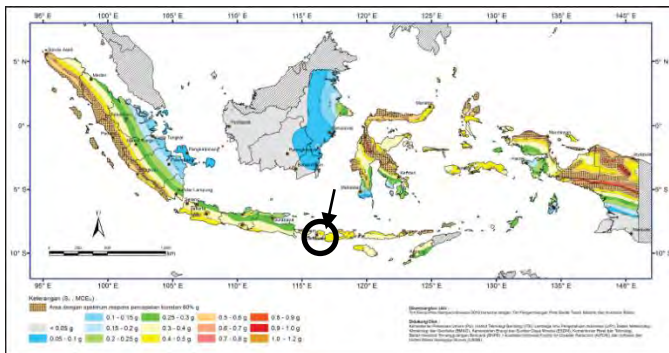
Sumber : <http://geology.com/usgs/liquefaction/>

Berdasarkan Pasal 14, SNI 1726:2012, desain seismik wilayah di Indonesia ditetapkan berdasarkan nilai S_s (parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode pendek) dan S_1 (parameter percepatan respons spektral MCE dari peta gempa pada periode 1 detik). Nilai S_1 dan S_s berpengaruh dalam penentuan nilai C_s (koefisien respon seismik). Nilai C_s menentukan besarnya gaya gempa yang akan digunakan dalam perencanaan. Pada Gambar 1.5 dan Gambar 1.6 didapat bahwa Pulau Lombok memiliki nilai $S_s = 0.9 - 1.0 g$ dan $S_1 = 0.4 - 0.5 g$. Oleh karena itu, dapat dikatakan bahwa Lombok merupakan daerah dengan resiko gempa kuat.



Gambar 1.5 S_s , Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Risiko-Tertarget (MCE_R), Kelas Situs SB

Sumber : SNI 1726:2012



Gambar 1.6 S_1 , Gempa maksimum yang dipertimbangkan risiko-tertarget (MCE_R), kelas situs SB

Sumber : Sumber : SNI 1726:2012

Salah satu objek pada proyek pembangunan hotel tersebut adalah sebuah gedung hotel 13 lantai. Gedung hotel yang disebutkan di atas direncanakan menggunakan struktur pondasi tiang pancang. Pada perencanaan struktur pondasi, pihak perencana hanya menggunakan SF (*Safety Factor*) = 5 guna menanggulangi bahaya potensi likuifaksi yang ada. Tidak terdapat perhitungan terhadap pengurangan daya dukung pondasi

tiang pancang akibat dari likuifaksi itu sendiri. Keputusan tersebut merupakan asumsi dari pihak perencana, bahwa SF yang digunakan pada perencanaan lebih besar dari SF yang biasa dipakai yaitu, 2 – 3.

Berdasarkan kondisi yang telah dijelaskan sebelumnya, maka pada Tugas Akhir ini akan membahas mengenai perencanaan pondasi tiang pancang dengan memperhitungkan pengaruh likuifaksi pada proyek pembangunan hotel di Lombok. Perencanaan pondasi dengan memperhitungkan pengaruh likuifaksi, diharapkan dapat menghasilkan perencanaan pondasi yang efisien dan ekonomis.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka permasalahan yang akan di bahas pada tugas akhir ini adalah :

- a. Berapa total tebal lapisan tanah yang berpotensi mengalami likuifaksi?
- b. Berapa daya dukung tanah di lokasi proyek jika tanpa pengaruh likuifaksi?
- c. Berapa daya dukung tanah di lokasi proyek jika terpengaruh likuifaksi?
- d. Berapa besar perbedaan daya dukung pondasi tiang pancang apabila tanpa pengaruh likuifaksi dan apabila memperhitungkan pengaruh likuifaksi?
- e. Bagaimana perbedaan kebutuhan dimensi dan jumlah pondasi tiang pancang, apabila tanpa pengaruh likuifaksi dan apabila memperhitungkan pengaruh likuifaksi?
- f. Bagaimana konfigurasi *pile cap* struktur pondasi?
- g. Bagaimana perbedaan biaya terhadap kebutuhan pondasi tiang pancang apabila perencanaan tanpa likuifaksi dan apabila memperhitungkan pengaruh likufaksi?

1.3 Tujuan

Tujuan penulisan tugas akhir ini adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh likuifaksi terhadap pengurangan daya dukung pondasi. Adapun beberapa hal yang harus diperhatikan agar tercapainya tujuan adalah sebagai berikut :

- a. Mengetahui total tebal lapisan tanah yang berpotensi mengalami likuifaksi.
- b. Mengetahui daya dukung tanah dalam kondisi non likuifaksi.
- c. Mengetahui daya dukung tanah dalam kondisi likuifaksi.
- d. Mengetahui perbedaan daya dukung pondasi tiang apabila tanpa pengaruh likuifaksi dan apabila memperhitungkan pengaruh likuifaksi.
- e. Mengetahui perbedaan kebutuhan dimensi dan jumlah pondasi tiang pancang apabila tanpa pengaruh likuifaksi dan apabila memperhitungkan pengaruh likuifaksi.
- f. Mengetahui konfigurasi dari *pile cap* struktur pondasi.
- g. Mengetahui seberapa besar perbedaan biaya terhadap kebutuhan tiang pancang apabila perencanaan tanpa pengaruh likuifaksi dan perencanaan dengan memperhitungkan pengaruh likuifaksi.

1.4 Batasan Masalah

Dalam penulisan tugas akhir ini terdapat beberapa batasan masalah sebagai berikut :

- a. Tidak merencanakan struktur bangunan atas.
- b. Permodelan struktur bangunan atas dilakukan hanya untuk mendapatkan reaksi perletakan dengan program bantu SAP2000.
- c. Data struktur bangunan atas dimodelkan sendiri karena tidak terdapat data dari proyek.
- d. Tidak meninjau metode perbaikan dan perkuatan tanah.
- e. Tidak meninjau metode pelaksanaan konstruksi.
- f. Peninjauan biaya hanya dilakukan terhadap harga bahan tiang pancang dan tidak menggunakan HSPK.

1.5 Manfaat

Manfaat yang diharapkan pada penulisan tugas akhir kali ini baik itu untuk penulis pribadi atau bahkan para pembaca, adalah sebagai berikut :

- a. Menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat selama masa perkuliahan.
- b. Sebagai referensi pada perencanaan pondasi di daerah yang berpotensi likuifaksi.
- c. Sebagai alternatif pada perencanaan hotel di Lombok.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Permodelan Struktur

Permodelan struktur gedung hotel menggunakan program bantu SAP 2000 dilakukan untuk mendapatkan besarnya reaksi perletakan. Karena tidak diketahuinya data dimensi dari struktur bangunan atas, maka untuk permodelan bangunan atas dilakukan secara sederhana dengan tetap mengacu pada gambar perencanaan yang ada. Sedangkan untuk pembebanan mengikuti Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG) tahun 1983 dan juga Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-1726-2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

2.1.1 SAP 2000

SAP 2000 adalah program yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permodelan struktur yang sederhana maupun yang kompleks. Permodelan struktur yang dilakukan dalam tugas akhir ini bertujuan untuk mendapatkan gaya rekasi yang terjadi di setiap titik perencanaan pondasi.

2.1.2 Gempa

Sebuah struktur bangunan yang direncanakan harus mempertimbangkan pengaruh dari gempa rencana. Berdasarkan SNI 03-1726-2012 tata cara perencanaan ketahanan gempa untuk struktur bangunan gedung dan non gedung, sebuah konfigurasi struktur bangunan dapat dibedakan menjadi 2, yaitu struktur gedung beraturan dan struktur gedung tidak beraturan. Penentuan gempa rencana untuk gedung beraturan dapat menggunakan analisis statik ekuivalen, sedangkan untuk gedung tidak beraturan dapat menggunakan analisis gempa dinamik.

Perhitungan gempa dinamik struktur sebuah struktur gedung dapat dilakukan dengan metode analisis respons

spektrum. Metode tersebut memakai spektrum respons gempa rencana yang nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi I/R. I adalah Faktor Keutamaan menurut Tabel 2.2, sedangkan R adalah faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung yang bersangkutan dan nilainya berdasarkan pada Tabel 2.4. Kategori risiko bangunan berdasarkan kegunaan dari bangunan itu sendiri dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kategori Risiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Risiko
Gedung dan struktur lainnya yang memiliki risiko rendah terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Fasilitas pertanian, perkebunan, peternakan, dan perikanan - Fasilitas sementara - Gudang penyimpanan - Rumah jaga dan struktur kecil lainnya 	I
Semua gedung dan struktur lain, kecuali yang termasuk dalam kategori risiko I,III,IV termasuk, tapi tidak dibatasi untuk: <ul style="list-style-type: none"> - Perumahan - Rumah toko dan rumah kantor - Pasar - Gedung perkantoran - Gedung apartemen/rumah susun - Pusat perbelanjaan/Mall - Bangunan industri - Fasilitas manufaktur - Pabrik 	II

Tabel 2.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa (lanjutan)
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan struktur lainnya yang memiliki resiko tinggi terhadap jiwa manusia pada saat terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bioskop - Gedung pertemuan - Stadion - Fasilitas kesehatan yang tidak memiliki unit bedah dan unit gawat darurat - Fasilitas penitipan anak - Penjara - Bangunan untuk orang jompo <p>Gedung dan struktur lainnya, tidak termasuk ke dalam kategori resiko IV, yang memiliki potensi untuk menyebabkan dampak ekonomi yang besar dan atau gangguan missal terhadap kehidupan masyarakat sehari-hari bila terjadi kegagalan, termasuk, tapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pusat pembangkit listrik biasa - Fasilitas penanganan air - Fasilitas penanganan limbah - Pusat telekomunikasi <p>Gedung dan struktur lainnya yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia yang berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III

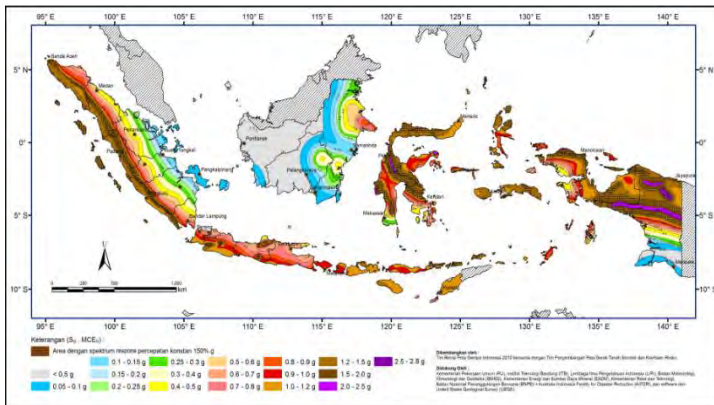
Tabel 2.1 Kategori Resiko Bangunan Gedung dan Struktur Lainnya untuk Beban Gempa (lanjutan)
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Jenis Pemanfaatan	Kategori Resiko
<p>Gedung dan struktur lainnya yang tidak termasuk dalam kategori resiko IV, (termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk fasilitas manufaktur, proses, penanganan, penyimpanan, penggunaan atau tempat pembuangan bahan bakar berbahaya, bahan kimia yang berbahaya, limbah berbahaya, atau bahan yang mudah meledak) yang mengandung bahan beracun atau peledak dimana jumlah kandungan bahannya melebihi nilai batas yang disyaratkan oleh instansi yang berwenang dan cukup menimbulkan bahaya bagi masyarakat jika terjadi kebocoran.</p>	III
<p>Gedung dan struktur lainnya yang ditunjukkan sebagai fasilitas yang penting, termasuk, tetapi tidak dibatasi untuk:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bangunan-bangunan monumental - Gedung sekolah dan fasilitas pendidikan - Rumah sakit dan fasilitas kesehatan lainnya yang memiliki fasilitas bedan dan unit gawat darurat - Fasilitas pemadam kebakaran, ambulans, dan kantor polisi, serta garasi kendaraan darurat - Tempat perlindungan terhadap gempa bumi, badai angin, dan tempat perlindungan darurat lainnya - Fasilitas kesiapan darurat, komunikasi, pusat operasi dan fasilitas lainnya untuk tanggap darurat - Struktur tambahan (termasuk menara telekomunikasi, tangki penyimpanan bahan bakar, menara pendingin, struktur stasiun listrik, tangki air pemadam kebakaran atau struktur rumah atau struktur pendukung air atau material atau peralatan pemadam kebakaran) yang disyaratkan untuk beroperasi pada saat keadaan darurat. <p>Gedung dan struktur lainnya yang dibutuhkan untuk mempertahankan fungsi struktur bangunan lain yang masuk ke dalam kategori resiko IV.</p>	IV

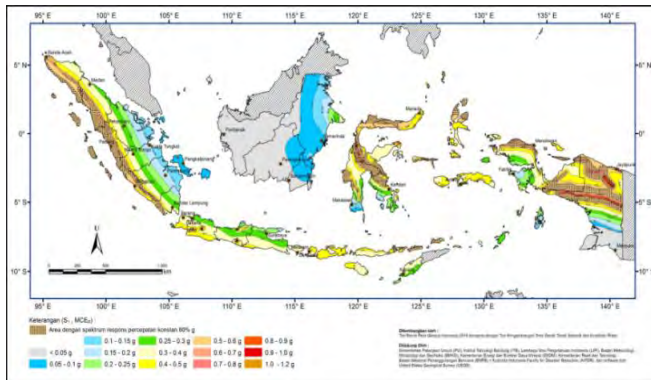
Tabel 2.2 Faktor Keutamaan Gempa
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Kategori Resiko	Faktor Keutamaan Gempa, I_e
I atau II	1,0
III	1,25
IV	1,50

Parameter percepatan tanah S_s dan S_1 dapat dilihat pada Gambar 2.1. dan Gambar 2.2, yang dimana dalam penentuan parameter tersebut juga berdasarkan pada nilai kelas situs. Pengklasifikasian kelas situs terdapat pada Tabel 2.3.

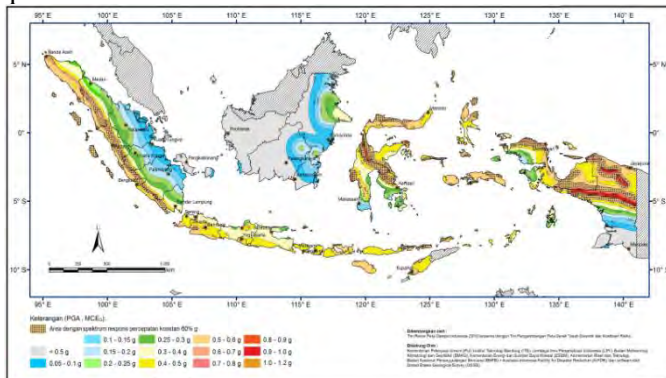


Gambar 2.1 Peta untuk S_s (Parameter Respons Spektral)
Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Resiko-Tertarget (MCE_R), Periode Ulang Gempa = 2500 Tahun, $T=0,2$ Detik, Kelas Situs SB
(Sumber : SNI 03-1726-2012)



Gambar 2.2 Peta untuk S1 (Parameter Respons Spektral)
Percepatan Gempa Maksimum yang Dipertimbangkan Resiko
Tertarget (MCER), Periode Ulang Gempa = 2500 Tahun , $T=1,0$
Detik; Kelas Situs SB
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Percepatan tanah puncak (PGA) yang berguna untuk mengevaluasi potensi likuifaksi dan kehilangan kekuatan tanah, di dapat berdasarkan Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Peta untuk Percepatan Tanah Puncak (PGA), Gempa
Maksimum yang Dipertimbangkan Rata-Rata Geometrik
(MCEG), kelas situs SB
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Tabel 2.3 Klasifikasi Situs
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Kelas Situs	Vs (m/detik)	N atau Nch	Su (kPa)
Sa (batuan keras)	> 1500	N/A	N/A
SB (batuan)	750 sampai 1500	N/A	N/A
SC (tanah keras, sangat padat dan batuan lunak)	350 sampai 750	> 50	≥ 100
SD (tanah sedang)	175 sampai 350	15 sampai 50	50 sampai 100
SE (tanah lunak)	< 175	< 15	< 50
	Atau setiap profil tanah yang mengandung lebih dari 3 m tanah dengan karakteristik sebagai berikut : 1. Indeks plastisitas, $PI > 20$ 2. Kadar air, $w \geq 40\%$ 3. Kuat geser niralir $S_u < 25$ kPa		
SF (tanah khusus, yang membutuhkan investigasi geoteknik spesifik dan analisis respons spesifik-situs yang mengikuti Pasal 6.9.1)	Setiap profil lapisan tanah yang memiliki salah satu atau lebih dari karakteristik berikut : 1. Rawan dan berpotensi gagal atau runtuh akibat beban gempa seperti mudah likuifaksi, lempung sangat sensitif, tanah tersementasi lemah 2. Lempung sangat organik dan atau gambut (ketebalan $H > 3$ m) 3. Lempung berplastisitas sangat tinggi (ketebalan $H > 7,5$ m dengan Indeks Plastisitas, $PI > 75$) 4. Lapisan lempung lunak/medium kaku dengan ketebalan $H > 35$ m dengan $S_u < 50$ kPa		

Tabel 2.4 Faktor Modifikasi Respon R, Cd, dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi Respons, R^a
C. Sistem rangka pemikul momen	
1. Rangka baja pemikul momen khusus	8
2. Rangka batang baja pemikul momen khusus	7
3. Rangka baja pemikul momen menengah	4½
4. Rangka baja pemikul momen biasa	3½
5. Rangka beton bertulang pemikul momen khusus	8
6. Rangka beton bertulang pemikul momen menengah	5
7. Rangka beton bertulang pemikul momen biasa	3

Tabel 2.4 Faktor Modifikasi Respon R , C_d , dan Ω_0 untuk Sistem Penahan Gaya Gempa (lanjutan)
(Sumber : SNI 03-1726-2012)

Sistem penahan gaya seismik	Koefisien modifikasi Respons, R^a
1. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen khusus	8
2. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen menengah	5
3. Rangka baja dan beton komposit terkekang parsial pemikul momen	6
4. Rangka baja dan beton komposit pemikul momen biasa	3
5. Rangka baja canai dingin pemikul momen khusus dengan pembautan	$3\frac{1}{2}$

2.1.3 Beban dan Kombinasi Pembebanan

Perencanaan pembebanan pada struktur bangunan atas berdasarkan Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung (PPIUG) 1983 dan SNI 03-1726-2012. Pembebanan tersebut antara lain :

a. Beban mati

Beban mati adalah berat dari semua bagian dari suatu gedung yang bersifat tetap termasuk segala unsur tambahan, penyelesaian-penyelesaian, mesin-mesin serta peralatan tetap yang merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari gedung itu (PPIUG 1983).

b. Beban hidup

Beban hidup adalah semua beban yang terjadi akibat penghunian atau penggunaan suatu gedung, dan ke dalamnya termasuk beban-beban pada lantai yang berasal dari barang-barang yang dapat berpindah, mesin-mesin serta peralatan yang tidak merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari

gedung dan dapat diganti selama masa hidup dari gedung itu sehingga mengakibatkan perubahan dalam pembebanan hidup lantai dan atap tersebut (PPIUG 1983). Untuk beban hidup pada lantai disesuaikan dengan fungsi gedung, tercantum pada Tabel 3.1 Bab 3 PPIUG 1983.

c. Beban gempa

Beban gempa adalah gaya-gaya yang berasal dari gerakan tanah yang dikombinasi dengan sifat dinamis struktur karena seringkali percepatan horizontal tanah lebih besar daripada percepatan vertikal, dan struktur secara umum lebih sensitif terhadap gerakan horizontal daripada gerakan vertikal. Maka pengaruh gempa horizontal seringkali lebih menentukan daripada pengaruh gempa vertikal.

Berdasarkan beban di atas maka dalam merencanakan struktur bangunan atas harus dalam kondisi ultimit, yang dimana kuat rencana struktur bangunan atas adalah sama atau melebihi pengaruh beban-beban terfaktor. Sedangkan untuk merencanakan pondasi, harus dalam kondisi ijin (layar) dimana seluruh faktor beban bernilai satu. Maka dari itu pada pengerjaan tugas akhir ini, elemen pondasi dirancang mampu menerima gaya yang dihasilkan kombinasi sebagai berikut :

- D
- $D + L$
- $D + L + E$
- $D + L - E$

Keterangan :

D : pengaruh dari beban mati

L : pengaruh dari beban hidup

E : beban gempa yang ditentukan menurut SNI 03-1726-2012

Berdasarkan kombinasi di atas, maka dalam perhitungan daya dukung pondasi dari sebuah tiang pancang, berlaku tegangan ijin berlebih. Dengan kata lain, terdapat kenaikan daya dukung ijin yang diperbolehkan sesuai dengan kombinasi beban yang ada. Nilai tegangan ijin berlebih dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5 Nilai Kenaikan Daya Dukung Ijin Berlebih

Aksi	Kombinasi No.						
	1	2	3	4	5	6	7
Aksi tetap (beban mati, Mti + beban tanah, Tan)	x	x	x	x	x	x	x
Beban lalu lintas (beban hidup, Hdp)	x	x	x	x			x
Pengaruh temperature (Tmp)		x		x			
Arus/hanyutan/hidro/daya apung (Hdr)	x	x	x	x	x		
Beban angin (Ang)			x	x			
Pengaruh gempa (Gmp)					x		
Beban tumbukan (Tmb)							x
Beban selama pelaksanaan (Plk)						x	
Tegangan berlebihan yang diperbolehkan	0%	25%	25%	40%	50%	30%	50%
Kenaikan daya dukung ijin yang dibolehkan	100%	125%	125%	140%	150%	130%	150%

(Sumber : SNI T-02-2005)

2.2 Pengertian Pondasi

Setiap bangunan pasti memiliki pondasi yang berfungsi untuk menopang bangunan tersebut. Secara umum, pondasi adalah suatu struktur yang terletak dipermukaan atau didalam lapisan tanah, yang berfungsi sebagai landasan dan juga untuk menyalurkan beban-beban yang berasal dari *upper (super) structure* kedalam tanah (Herman Wahyudi, 2012). Oleh karena itu, pondasi bangunan harus diperhitungkan agar dapat menjamin kestabilan bangunan terhadap berat sendiri, beban-beban yang bekerja, gaya-gaya luar seperti tekanan angin, gempa bumi dan lain-lain. Di samping itu, tidak boleh terjadi penurunan melebihi batas yang diijinkan.

Pondasi bangunan dapat dibedakan menjadi dua yaitu pondasi dangkal (*shallow foundation*) dan pondasi dalam (*deep foundation*), tergantung dari letak tanah kerasnya dan perbandingan kedalaman dengan lebar pondasi. Pondasi dangkal dapat digunakan jika lapisan tanah kerasnya terlekat dekat dengan permukaan tanah. Suatu pondasi termasuk kategori pondasi dangkal apabila $D/B < 4$ atau 5 (Olivari, 1986). Sedangkan untuk pondasi dalam dapat digunakan jika lapisan tanah berada jauh dari permukaan tanah. Suatu pondasi apat dikatakan pondasi dalam apabila $D/B \geq 4$ atau 10 (Olivari, 1986). Pondasi dangkal (*shallow foundation*) dapat dibedakan atas beberapa jenis yaitu

pondasi telapak, pondasi cakar ayam dan pondasi sarang laba-laba. Sedangkan pondasi dalam terdiri dari pondasi sumuran, pondasi tiang dan pondasi kaison. Pondasi tiang bisa terbuat dari kayu, beton dan baja. Pada penulisan tugas akhir ini, perencanaan pondasi menggunakan pondasi tiang pancang beton.

2.3 Pondasi Tiang Pancang

Pondasi tiang pancang (*pile foundation*) adalah suatu bagian dari struktur yang digunakan untuk menerima dan menyalurkan beban dari struktur atas ke tanah yang memiliki daya dukung pada kedalaman tertentu. Pemakaian tiang pancang dipergunakan untuk suatu pondasi suatu bangunan apabila tanah dasar di bawah bangunan tersebut tidak mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya, atau apabila tanah keras yang mana mempunyai daya dukung yang cukup untuk memikul berat bangunan dan bebannya terletak sangat dalam (Sardjono HS, 1984)

Menurut bahan yang digunakan, pondasi tiang pancang dapat dibedakan menjadi empat jenis yaitu tiang pancang kayu, tiang pancang beton, tiang pancang baja, dan tiang pancang komposit (Sardjono HS, 1984). Jenis yang paling sering digunakan sebagai pondasi permanen adalah pondasi tiang pancang baja dan pondasi tiang pancang beton. Pemakaian jenis tiang pancang bergantung pada beberapa aspek di lapangan, seperti jenis tanahnya atau kebutuhan daya dukung pondasi itu sendiri.

Bila pemakaian pondasi tiang pancang telah ditetapkan, maka dimensi dan panjang tiang pancang perlu dihitung berdasarkan pada beban yang berasal dari bagian konstruksi di atas tanah dengan mempertimbangan kapasitas gaya aksial dan momen pada tiang yang diijinkan.

2.4 Korelasi N_{SPT} untuk Mendapatkan Nilai Parameter Fisis Tanah Lainnya.

Data tanah yang diperoleh dari lapangan hanyalah data *boring log*. Dikarenakan keterbatasan tersebut, maka dirasa perlu untuk melakukan korelasi data N_{SPT} untuk mendapatkan parameter fisis tanah yang dibutuhkan untuk perhitungan. Dalam penulisan tugas akhir ini parameter fisis tanah lainnya yang perlu dicari adalah berat volume tanah (γ), sudut geser dalam tanah (ϕ), dan derajat kepadatan (Dr). Sedangkan untuk nilai C_u tidak perlu ditentukan karena jenis tanah di lapangan merupakan tanah pasir.

Terdapa banyak perumusan untuk melakukan korelasi guna mendapatkan parameter fisis tanah lainnya. Namun pada pengerjaan tugas akhir ini, penulis menggunakan tabel korelasi yang dapat dilihat pada Tabel.2.6.

Tabel 2.6 SPT dan Korelasinya
(Sumber : J.E. Bowles, 1984)

<i>Cohesionless Soil/Sol Pulverent</i>					
N (<i>blows</i>)	0 – 3	4 – 10	11 – 30	31 – 50	> 50
γ (kN/m ³)	-	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
ϕ (°)	-	25 – 32	28 – 36	30 – 40	> 35
<i>State</i>	<i>Very loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very dense</i>
Dr (%)	0 - 15	15 – 35	35 – 65	65 – 85	85 – 100
<i>Cohesive Soil/Sol Coherent</i>					
N (<i>blows</i>)	< 4	4 – 6	6 – 15	16 – 25	> 25
γ (kN/m ³)	14 – 18	16 – 18	16 – 18	16 – 20	> 20
q _U (kPa)	< 25	20 – 50	30 – 60	40 – 200	> 100
<i>State</i>	<i>Very soft</i>	<i>Soft</i>	<i>Medium</i>	<i>Stiff</i>	<i>Hard</i>

2.5 Perhitungan Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

2.5.1 Daya dukung tanah untuk tiang pancang berdasarkan data N_{SPT} lapangan

Proses pengetesan untuk mendapatk data SPT lapangan dimulai dari menggali lubang, lalu sebuah tabung silinder baja standar ($\varnothing=37$ mm, $L=813$ mm) dimasukkan hingga ke dasar lubang dan dipancang sedalam ± 15 cm pada “*undisturbed soil*”. Pencatatan jumlah pukulan N untuk pemancangan berikutnya sedalam ± 30 cm. Energi pemancangan yang dipakai adalah sesuai ASTM, D 1586 dengan berat palu 63,5 kg (140 lb) dan tinggi jatuhnya adalah 76 cm (30 in).

Nilai N_{SPT} yang didapatkan dari lapangan tidak dapat digunakan untuk perencanaan pondasi. Nilainya harus dikoreksi terlebih dahulu terhadap muka air tanah dan tegangan *overburden* yang terjadi.

Koreksi terhadap muka air tanah dilakukan khusus untuk tanah pasir halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yang berada di bawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$:

- $N_1 = 15 + \frac{1}{2} (N - 15)$, (Terzaghi & Peck, 1960)
- $N_1 = 0,6N$, (Bazaara, 1967)

Sedangkan untuk jenis tanah lempung, lanau dan pasir kasar serta tanah yang memiliki nilai $N \leq 15$ tidak ada koreksi. Jadi nilai $N_1 = N$.

Hasil dari koreksi 1 (N_1) dikoreksi lagi untuk pengaruh tekanan vertikal efektif (*overburden pressure*) pada lapisan tanah di mana harga N tersebut didapatkan. Harga N_2 harus $\leq 2N_1$. Bila dari koreksi didapat $N_2 > 2N_1$ maka nilai $N_2 = 2N_1$.

Bila $p_0 \leq 7,5$ ton/m², maka:

- $N_2 = \frac{4N_1}{1+0,4p_0}$, (Bazaara, 1967)

Bila $p_0 > 7,5$ ton/m², maka:

- $N_2 = \frac{4N_1}{3,25+0,1p_0}$, (Bazaara, 1967)

Apabila p_0 dalam kPa = kN/m², maka perumusannya menjadi:

Bila $p_0 \leq 7,5$ kPa atau $p_0 \leq 0,75$ ton/m², maka :

$$- N_2 = \frac{4N_1}{1+0,4p_0}, \text{ (Bazaara, 1967)}$$

Bila $p_0 > 7,5$ kPa atau $p_0 > 0,75$ ton/m², maka:

$$- N_2 = \frac{4N_1}{3,25+0,1p_0}, \text{ (Bazaara, 1967)}$$

Setelah dilakukan koreksi terhadap nilai N_{spt} , maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan daya dukung tanah untuk tiang pancang menggunakan persamaan Meyerhof sebagai berikut :

$$\begin{aligned} - Q_{ultimate} &= Q_{ujung} + Q_{selimut} \\ Q_{ultimate} &= Cn.A_{ujung} + \sum Cli.Asi \\ - Q_{ijin} &= Q_{ultimate} / SF \end{aligned}$$

Keterrangan :

Cli = hambatan geser selimut tiang pada segmen i (fsi)

Asi = luas selimut tiang pada segmen ke $i = O_i \times h_i$

O_i = keliling tiang

Cn_{ujung} = 40 N

N = harga rata-rata N_2 pada 4D di bawah ujung sampai dengan 8D di atas ujung tiang

Cli = fsi = di mana:

- $N/2$ ton/m² untuk tanah lempung atau lanau
- $N/5$ ton/m² untuk tanah pasir

SF = angka keamanan (*safety factor*)

2.5.2 Daya dukung tiang pancang grup

Tiang pancang yang direncanakan dalam jumlah lebih dari satu dan disusun dengan memiliki jarak tertentu antar tiangnya, maka dapat dikategorikan sebagai tiang pancang grup. Sebuah tiang pancang dikatakan memiliki daya dukung grup apabila jarak

antar tiang adalah $2.5D - 9D$. Apabila jarak antar tiang lebih besar dari $9D$, maka tiang tersebut memiliki daya dukung satu tiang pancang *single*.

Daya dukung satu tiang pancang dalam grup dapat ditentukan dengan mengalikan daya dukung tiang 1 tiang pancang *single* dan efisiensi. Nilai efisiensi tiang pancang grup dapat ditentukan berdasarkan persamaan Seiler-Keeney sebagai berikut:

$$\text{Efisiensi} = \left[1 - \frac{36s}{(75s^2 - 7)} \left(\frac{m + n - 2}{m + n - 1} \right) \right] + \frac{0.3}{m + n}$$

Keterangan :

- s = jarak antar tiang pancang
- m = jumlah baris tiang
- n = jumlah kolom tiang

2.5.3 Ketahanan pondasi tiang pancang terhadap gaya lateral

Selain didesain mampu menahan gaya vertikal, pondasi tiang pancang juga harus didesain mampu menahan gaya lateral yang bekerja padanya. Salah satu contoh gaya lateral yang dapat bekerja pada pondasi tiang pancang adalah gaya gempa. Perumusan yang dipakai dalam perhitungan gaya lateral yang mampu diterima oleh pondasi tiang pancang dalam tugas akhir ini diambil dari NAVFAC DM-7 (1971). Menurut NAVFAC DM-7, gaya lateral yang bekerja pada pondasi tiang pancang dibedakan atas 3 (tiga) kondisi, yaitu:

1. Tiang pancang yang poernya fleksibel atau tiang pancang yang terjepit ujungnya (Gambar 2.4.). Kondisi ini disebut sebagai kondisi I.
2. Tiang pancang dengan poer kaku menempel di atas permukaan tanah (Gambar 2.4.). Kondisi ini disebut sebagai kondisi II.
3. Tiang pancang dengan poer kaku terletak pada suatu ketinggian (Gambar 2.4.). Kondisi ini disebut sebagai kondisi III.

Prosedur perhitungan untuk masing-masing kondisi adalah sebagai berikut:

- Kondisi I:
 - a. Menghitung faktor kekakuan relative (*relative stiffness factor*).

$$T = \left(\frac{E \times I}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

di mana:

E = modulus elastisitas tiang (cerucuk), Kg/cm²

I = momen inersia tiang (cerucuk), cm⁴

f = koefisien dari variasi modulus tanah, kg/cm³

T = faktor kekakuan relatif (cm)

- b. Menghitung defleksi, momen dan gaya geser pada kedalaman yang ditinjau dari rumus yang terdapat pada Gambar 2.5.
- Kondisi II:
 - a. Sama dengan langkah 1 kondisi I.
 - b. Menentukan koefisien defleksi (F_o) dan koefisien (F_M) berdasarkan Gambar 2.6.
 - c. Menghitung defleksi dan besarnya momen berdasarkan rumus yang terdapat pada Gambar 2.6.
 - d. Gaya geser maksimum dianggap terjadi pada ujung atas tiang pancang, yang besarnya untuk 1 tiang pancang adalah:

$$P = \frac{PT}{n}$$

di mana:

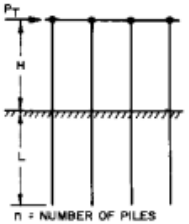

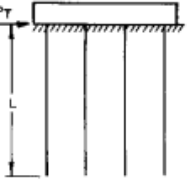

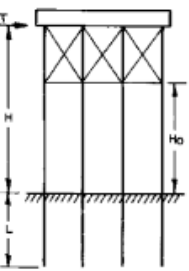

P = besar gaya geser 1 tiang pancang

PT = besar gaya geser total yang bekerja

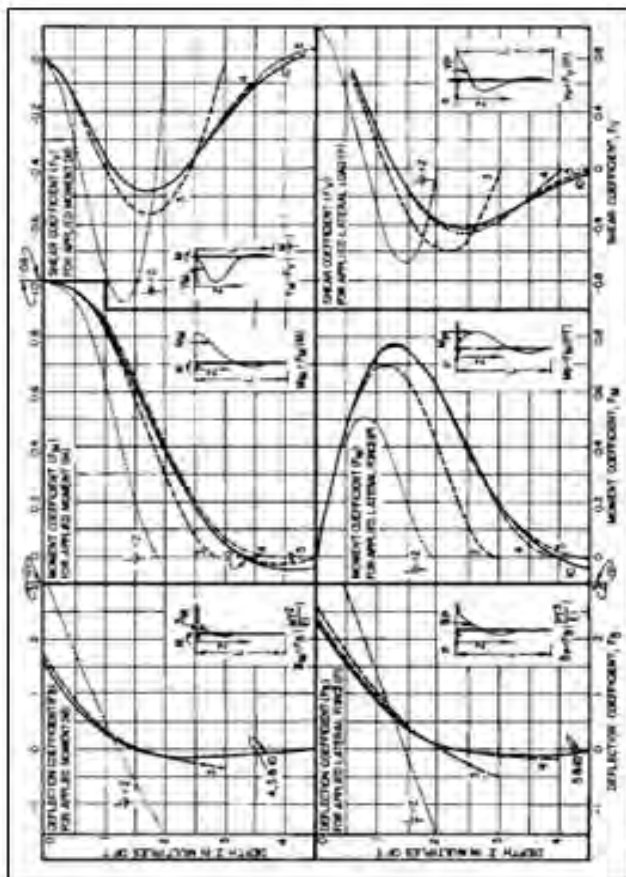
n = jumlah tiang pancang

- Kondisi III:
 - a. Menganggap pada titik A terjadi jepitan dan momen M₁ seperti pada Gambar 2.7.
 - b. Menghitung sudut θ_2 di atas tanah.

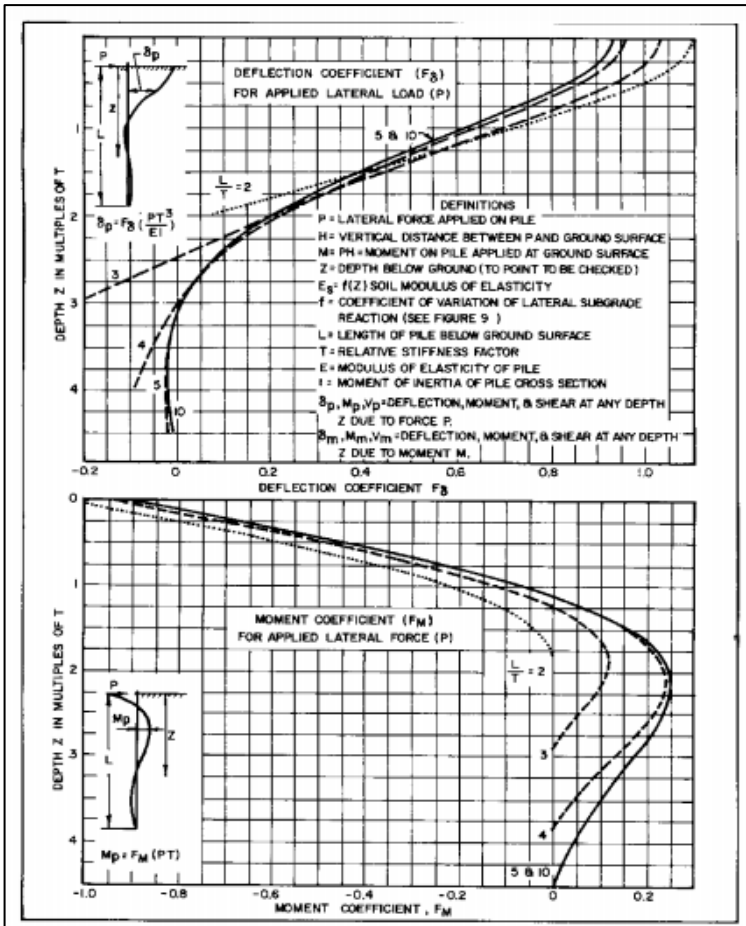
- c. Menghindung sudut θ_1 dari koefisien sudut (F_0) berdasarkan rumus yang terdapat pada Gambar 2.7.
- d. Dengan persamaan $\theta_1 = \theta_2$, diperoleh nilai momen.
- e. Setelah mendapatkan nilai M dan P_1 , menghitung besarnya defleksi, gaya geser dan momen seperti pada Kondisi I.

CASE I. FLEXIBLE CAP, ELEVATED POSITION		
CONDITION	LOAD AT GROUND LINE	DESIGN PROCEDURE
 <p>$n = \text{NUMBER OF PILES}$</p>	<p>FOR EACH PILE:</p> $P = \frac{P_T}{n}$ $M = PH$  <p>DEFLECTED POSITION</p>	<p>FOR DEFINITION OF PARAMETERS SEE FIGURE 12</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. COMPUTE RELATIVE STIFFNESS FACTOR. $T = \left(\frac{EI}{f} \right)^{1/5}$ 2. SELECT CURVE FOR PROPER $\frac{L}{T}$ IN FIGURE 11. 3. OBTAIN COEFFICIENTS F_δ, F_M, F_V AT DEPTHS DESIRED. 4. COMPUTE DEFLECTION, MOMENT AND SHEAR AT DESIRED DEPTHS USING FORMULAS OF FIGURE 11. <p>NOTE: "f" VALUES FROM FIGURE 9 AND CONVERT TO LB/IN³.</p>
CASE II. PILES WITH RIGID CAP AT GROUND SURFACE		
		<ol style="list-style-type: none"> 1. PROCEED AS IN STEP 1, CASE I. 2. COMPUTE DEFLECTION AND MOMENT AT DESIRED DEPTHS USING COEFFICIENTS F_δ, F_M AND FORMULAS OF FIGURE 12. 3. MAXIMUM SHEAR OCCURS AT TOP OF PILE AND EQUALS $P = \frac{P_T}{n}$ IN EACH PILE.
CASE III. RIGID CAP, ELEVATED POSITION		
	<p>DEFLECTED POSITION</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. ASSUME A HINGE AT POINT A WITH A BALANCING MOMENT M APPLIED AT POINT A. 2. COMPUTE SLOPE θ_2 ABOVE GROUND AS A FUNCTION OF M FROM CHARACTERISTICS OF SUPERSTRUCTURE. 3. COMPUTE SLOPE θ_1 FROM SLOPE COEFFICIENTS OF FIGURE 13 AS FOLLOWS: $\theta_1 = F_\theta \left(\frac{P-T^2}{EI} \right) + F_\theta \left(\frac{MT}{EI} \right)$ 4. EQUATE $\theta_1 = \theta_2$ AND SOLVE FOR VALUE OF M. 5. KNOWING VALUES OF P AND M, SOLVE FOR DEFLECTION, SHEAR, AND MOMENT AS IN CASE I. <p>NOTE: IF GROUND SURFACE AT PILE LOCATION IS INCLINED, LOAD P TAKEN BY EACH PILE IS PROPORTIONAL TO I/H_0^3.</p>

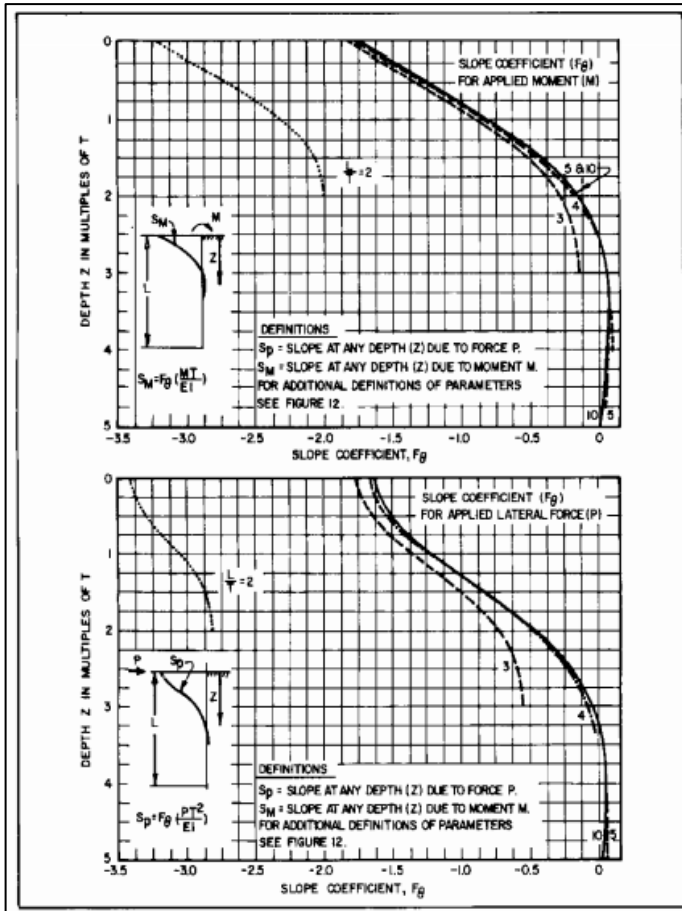
Gambar 2.4 Prosedur Desain untuk Masing-Masing Kondisi
(Sumber : Design Manual, NAVFAC DM-7, 1971)



Gambar 2.5 Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi I
(Sumber: NAVFAC DM-7, 1971)



Gambar 2.6 Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi II
(Sumber: NAVFAC DM-7, 1971)



Gambar 2.7 Koefisien-Koefisien untuk Tiang Pancang yang Menerima Beban Lateral pada Kondisi III
 (Sumber: NAVFAC DM-7, 1971)

2.5.4 Pmax 1 tiang

Untuk menentukan jumlah tiang pancang dalam sebuah grup, maka P maksimum (Pmax) yang terjadi pada 1 tiang harus memiliki nilai lebih kecil dari pada P ijin 1 tiang grup. Pmax 1 tiang dapat ditentukan berdasarkan persamaan berikut :

$$P_{\max} = \frac{\sum Fz}{n} + \frac{My \cdot X_{\max}}{\sum Xi^2} + \frac{Mx \cdot Y_{\max}}{\sum Yi^2}$$

$$P_{\min} = \frac{\sum Fz}{n} - \frac{My \cdot X_{\max}}{\sum Xi^2} - \frac{Mx \cdot Y_{\max}}{\sum Yi^2}$$

2.6 Perencanaan Tebal Poer

Untuk merencanakan tebal *pilecap*, maka *pilecap* harus direncanakan agar kuat geser nominal beton (V_c) lebih besar dari geser akibat kolom dan juga geser akibat tiang (V_{up}). Peninjauan kuat geser dilakukan terhadap 2 kondisi, yaitu geser 1 arah dan geser 2 arah.

Kontrol geser satu arah dilakukan berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$V_c = 0.75 \times \sqrt{f'c} \times b_0 \times d$$

$$V_{UP} = (P_i)_{\max} - W_{fc}$$

Dimana :

$f'c$ = mutu beton yang digunakan untuk poer

b_0 = panjang area geser pons

d = tebal poer

$(P_i)_{\max}$ = reaksi tiang pancang berfaktor maksimum

W_{fc} = berat pondasi pada area geser pon

Kontrol geser dua arah dilakukan berdasarkan persamaan sebagai berikut :

$$V_c = 0.17 \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) \lambda \sqrt{f'c} U d$$

$$V_c = 0.083 \left(\frac{\alpha_s d}{U} + 2 \right) \lambda \sqrt{f'c} U d$$

$$V_c = 0.33 \lambda \sqrt{f'c} U d$$

Keterangan :

β = rasio dari bentang panjang terhadap bentang pendek dari kolom

α_s = 40 untuk kolom interior, 30 untuk kolom tepi, 20 untuk kolom sudut

λ = faktor jenis beton

$f'c$ = mutu beton

U = keliling zona kritis

d = tinggi efektif *pile cap*

2.7 Analisa Zona Likuiifikasi

Peninjauan potensi likuiifikasi pada lapisan tanah yang ada dapat dilakukan berdasarkan 2 aspek, yaitu aspek gradasi dan aspek tegangan. Namun dikarenakan terbatasnya data di lapangan dalam proyek pembangun hotel di Lombok, maka dalam penulisan tugas akhir ini peninjauan zona likuiifikasi hanya dapat dilakukan berdasarkan aspek tegangan saja.

Dalam peninjauan zona likuiifikasi berdasarkan aspek tegangan, potensi likuiifikasi dinyakan terjadi apabila faktor keamanan (SF) ≤ 1 .

$$SF = \frac{CRR}{CSR}$$

a. Menentukan Nilai CSR (*Cyclic Stress Ratio*)

Untuk menentukan nilai CSR dapat digunakan perumusan oleh Seed dan Idriss (1971) sebagai berikut :

$$CSR = 0,65 \times \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \times \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \times r_d$$

Dimana :

a_{\max} = akselerasi puncak gempa horizontal pada permukaan tanah (SNI 1726:2012)

g = gravitasi

σ_{vo} = tegangan overburden

σ'_{vo} = tegangan overburden efektif

r_d = koefisien reduksi (TF Blake, 1996)

$$r_d = \frac{1 - 0.4113z^{0.5} + 0.04052z + 0.001753z^{1.5}}{1 - 0.4177z^{0.5} + 0.05729z - 0.006205z^{1.5} + 0.0012z^2}$$

Dimana z adalah kedalaman tanah yang ditinjau.

b. Menentukan nilai CRR (*Cyclic Resistance Ratio*)

Nilai CRR tanah dipengaruhi oleh beberapa hal dalam proses pelaksanaan dilapangan, salah satunya adalah jumlah pukulan SPT. Jumlah pukulan SPT juga dipengaruhi oleh beberapa aspek teknis pelaksanaan dilapangan dan juga oleh tegan *overburden* efektif. Aspek teknis tersebut adalah panjang batang, kuat *hammer*, jenis pengambil sampel dan ukuran lubang bor. Maka dari itu korelasi nilai CRR berdasarkan nilai SPT yang terkoreksi.

Persamaan untuk menentukan nilai CRR hanya berlaku untuk keadaan dimana $M = 7.5$ dan $\sigma'_v = 1$ atm. Oleh karena itu, nilai CRR perlu dikoreksi terhadap *magnitude scaling factor*, (*MSF*) dan tegangan *overburden* efektif (yang dinyatakan dengan faktor K_σ).

Langkah-langkah dalam menentukan nilai CRR adalah sebagai berikut :

- Tentukan nilai $(N_1)_{60}$ (I.M. Idriss & R.W. Boulanger, 2008)

$$(N_1)_{60} = C_N C_E C_R C_B C_S N_M$$

Dimana :

N_m = Nilai N_{SPT}

C_N = Faktor koreksi *overburden*

C_E = Ratio energi *hammer*

C_R = Faktor koreksi batang bor

C_B = Faktor koreksi diameter lubang bor

C_s = Faktor koreksi metode *sampling*

Seluruh nilai Faktor koreksi di atas dapat dilihat pada Tabel 2.7.

- Hitung $(N_1)_{60\text{ cs}}$ (I.M. Idriss & R.W Boulanger, 2008)

$$(N_1)_{60\text{cs}} = (N_1)_{60} + \Delta(N_1)_{60}$$

$$\Delta(N_1)_{60} = \exp \left(1,63 + \frac{9,7}{FC + 0,01} - \left(\frac{15,7}{FC + 0,01} \right)^2 \right)$$

$$CRR_{7,5} = \exp \left(\frac{(N_1)_{60\text{cs}}}{14,1} + \left(\frac{(N_1)_{60\text{cs}}}{126} \right)^2 + \left(\frac{(N_1)_{60\text{cs}}}{23,6} \right)^3 + \left(\frac{(N_1)_{60\text{cs}}}{25,4} \right)^4 - 2,8 \right)$$

Jika $(N_1)_{60\text{ cs}} > 37,5$ tidak perlu dievaluasi karena nilai yang rentan akan likuifaksi ketika $(N_1)_{60\text{ cs}} < 37,5$.

- Hitung CRR terkoreksi (I.M Idriss & R.W Boulanger, 2008)

$$CRR_{M, \sigma'_v} = CRR_{M=7.5, \sigma'_v=1} \cdot MSF \cdot K_\sigma$$

Dimana :

$$K_\sigma = 1 - C_\sigma \ln \left(\frac{\sigma'_v}{P_a} \right) \leq 1.1$$

$$C_\sigma = \frac{1}{18.9 - 2.25 \sqrt{(N_1)_{60\text{cs}}}} \leq 0.3$$

$$P_a = 1 \text{ atm} = 100 \text{ kPa}$$

Magnitude Scalling Factor (MSF) dapat ditentukan berdasarkan dengan persamaan yang temukan oleh Idriss (1999) sebagai berikut :

$$MSF = 6.9 \cdot \exp\left(\frac{-M}{4}\right) - 0.058 \leq 1.8$$

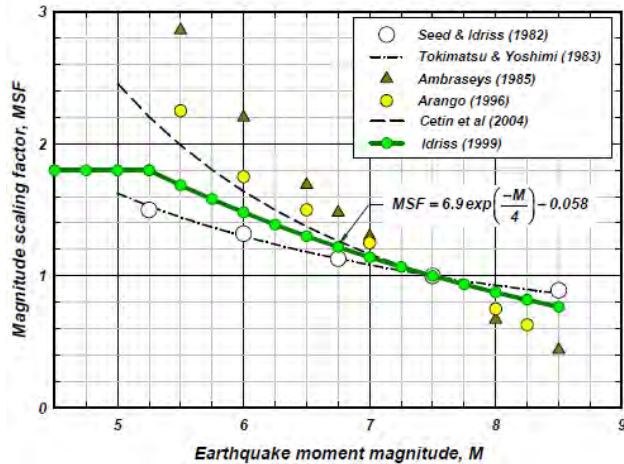
Keterangan :

M = nilai *Magnitude* gempa yang sering terjadi di suatu lokasi.

- Setelah mendapatkan nilai CRR dan CRS, maka nilai selanjutnya menentukan nilai $SF = \frac{CRR_M}{CSR}$. Jika $SF \geq 1$ maka aman terhadap likuifaksi.

Tabel 2.7 Nilai Faktor Koreksi untuk $(N_1)_{60}$ (Robertson & Wride, 1998)

Factor	Equipment Variable	Term	Correction
Overburden Pressure	-	CN	$\left(\frac{P_a}{\sigma'_{vo}}\right)^{0.5}$
Overburden Pressure	-	CN	CN < 1,7
Energy Ratio	Donut hammer	CE	0,5 – 1,0
Energy Ratio	Safety hammer	CE	0,7 – 1,2
Energy Ratio	Automatic –trip Donut-type hammer	CE	0,8 – 1,3
Borehole diameter	65-115 mm	CB	1,0
Borehole diameter	130 mm	CB	1,03
Borehole diameter	200 mm	CB	1,15
Rod lenght	< 3 m	CR	0,75
Rod lenght	3 – 4 m	CR	0,8
Rod lenght	4 – 6 m	CR	0,85
Rod lenght	6 – 10 m	CR	0,95
Rod lenght	10 – 30 m	CR	1
Sampling method	Standard sampler	CS	1
Sampling method	Sampler without liner	Cs	1,1 – 1,3



Gambar 2.8 Magnitude Scalling Factor (Idriss, 1999)

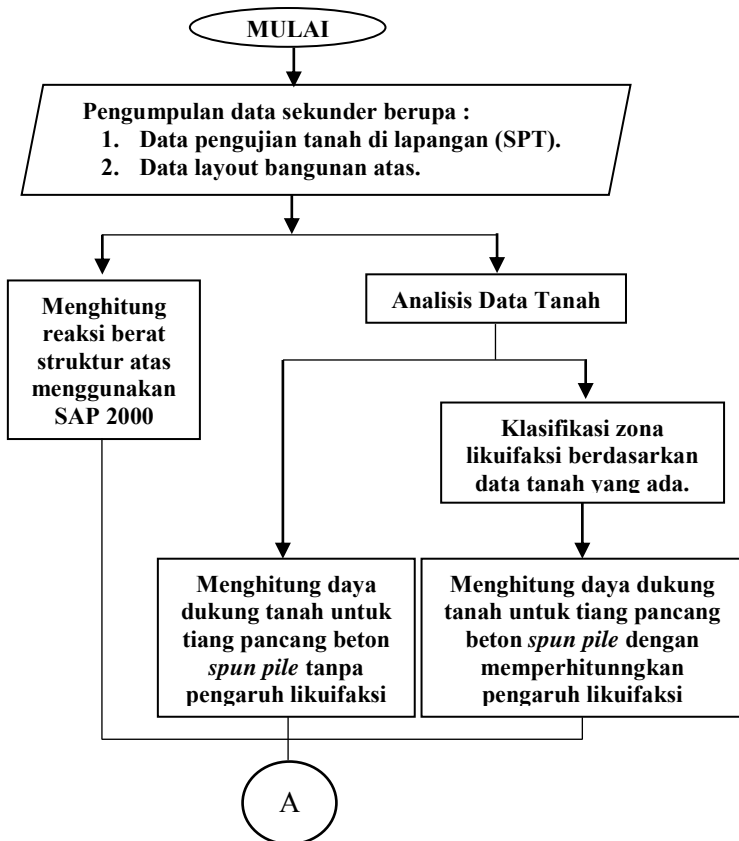
2.8 Biaya Kebutuhan Tiang Pancang

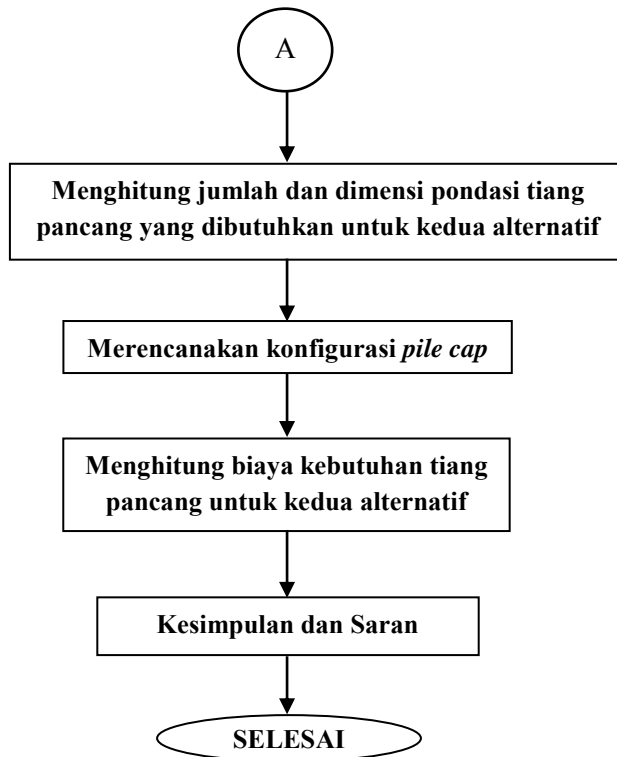
Dalam menghitung biaya kebutuhan tiang pancang menggunakan harga tiang pancang yang beredar di pasaran. Perhitungan biaya hanya dilakukan terhadap kebutuhan bahan tiang pancang.

BAB III METODOLOGI

3.1 Diagram Alir Penyelesaian Tugas Akhir

Langkah-langkah yang dilakukan untuk mengerjakan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penyelesaian Tugas Akhir

3.2 Metodologi Pengerjaan Tugas Akhir

Dari diagram alur di atas dapat dijelaskan metodologi yang dipakai dalam penyusunan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

3.2.1 Pengumpulan data

Mencari data umum bangunan dan data tanah Hotel yang akan di bangun.

Data umum :

- a. Nama Gedung : Hotel
- b. Lokasi : Pantai Malimbu, Lombok-Nusa Tenggara Barat
- c. Fungsi : Gedung Perhotelan
- d. Jumlah Lantai : 13 lantai
- e. Material Struktur : Beton Bertulang
- f. Kondisi Tanah : Tanah Pasir

Data tanah yang diperoleh dari proyek pembangunan hotel di Lombok terdiri dari :

- a. Data N-SPT
- b. Data layout bangunan atas
- c. Data perhitungan bangunan atas

3.2.2 Studi literatur

Melakukan studi literatur yang berkaitan dengan topik Tugas Akhir mengenai perencanaan pondasi tiang pancang pada zona yang berpotensi likuifaksi untuk pembangunan hotel di Lombok. Literatur yang digunakan adalah sebagai berikut :

- a. *Ground Motions and Soil Liquefaction During Earthquakes* (H. Bolton Seed & I.M. Idriss)
- b. Analisis Desain dan Pondasi Edisi Keempat Jilid 2 (Joseph E. Bowles).
- c. Daya Dukung Pondasi Dalam Edisi Kesatu Tahun 2013 (Herman Wahyudi).
- d. Peraturan Pembebanan Indonesia untuk Gedung Tahun 1983.
- e. Perencanaan Tiang Pancang dari Sondir, N_{SPT} , Bor Dalam (c, ϕ) dan Cara Kalendering (Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Sepuluh Nopember).
- f. SNI 1726 : 2012 tentang Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung dan Non Gedung.

- g. SNI 2847 : 2013 tentang Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung.

3.2.3 Analisis data tanah

Melakukan analisis data *Nspt* yang didapat dengan cara korelasi untuk mendapatkan parameter fisis tanah yang belum diketahui. Hasil korelasi selanjutnya akan berguna dalam perhitungan daya dukung tanah.

3.2.4 Menghitung reaksi berat struktur atas menggunakan SAP 2000 V.14.0.0

Melakukan permodelan struktur atas dengan menggunakan program bantu SAP 2000 V.14.0.0 untuk mendapatkan reaksi dari struktur atas yang digunakan sebagai beban bagi pondasi.

3.2.5 Klasifikasi zona likuifaksi berdasarkan data tanah

Dari data *Nspt* yang didapatkan, maka dilakukan pengklasifikasian zona likuifaksi terhadap lapisan-lapisan tanah di lokasi proyek.

3.2.6 Menghitung daya dukung tanah untuk tiang pancang beton *spun pile* tanpa pengaruh likuifaksi

Melakukan perhitungan terhadap daya dukung tanah untuk tiang pancang beton *spun pile* tanpa memperhitungkan pengaruh dari likuifaksi.

3.2.7 Menghitung daya dukung tanah untuk tiang pancang beton *spun pile* dengan memperhitungkan pengaruh likuifaksi

Melakukan perhitungan terhadap daya dukung tanah untuk tiang pancang beton *spun pile* dengan memperhitungkan pengaruh dari likuifaksi.

3.2.8 Menghitung jumlah dan dimensi pondasi tiang pancang yang dibutuhkan untuk kedua alternatif

Melakukan perhitungan perencanaan terhadap jumlah dan dimensi pondasi tiang pancang untuk kedua alternatif.

3.2.9 Merencanakan konfigurasi *pile cap*

Melakukan perhitungan dan perencanaan terhadap konfigurasi *pilecap* pondasi gedung yang ada.

3.2.10 Menghitung biaya kebutuhan tiang pancang untuk kedua alternatif

Melakukan perhitungan terhadap total biaya yang dibutuhkan terhadap kebutuhan pondasi untuk tiap alternatif yang ada.

3.2.11 Kesimpulan dan Saran

Menarik kesimpulan dan memberikan saran terhadap perencanaan pondasi tiang pancang beton *spun pile* pada zona yang berpotensi likuifaksi.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB IV

ANALISA DATA TANAH DAN PERMODELAN STRUKTUR

4.1 Data Tanah

Data tanah yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah berupa data *bore log*. Hal tersebut dikarenakan pada pengerjaan proyek hanya dilakukan uji *bore log* dan tidak dilakukan uji laboratorium guna mendapatkan parameter fisis tanah lainnya. Maka dari itu perlu dilakukan korelasi N_{SPT} guna mendapatkan parameter fisis tanah lainnya. Adapun data *bore log* dapat dilihat pada Lampiran 1.

Parameter fisis tanah yang diperlukan untuk perhitungan adalah berat jenis tanah (γ), sudut geser tanah (ϕ) dan kerapatan relatif (*relative density*, D_r). Sedangkan untuk nilai kohesi (C_u) tidak perlu ditentukan karena tanah dilapangan adalah tanah pasir (*cohesionless soil*).

Lokasi dari bangunan yang direncanakan berada di daerah pantai Malimbu, Lombok. Kondisi tanah di lokasi perencanaan adalah dominan pasir. Hal ini dapat dilihat dari data tanah pada Lampiran 1. Selain itu, Lombok merupakan daerah dengan zona gempa tinggi. Tanah pasir yang jenuh air berpotensi terhadap likuifaksi apabila terkena getaran atau beban siklik. Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa likuifaksi terhadap data tanah yang ada.

4.2 Korelasi Data N_{SPT} Terhadap Parameter Fisis Tanah

4.2.1 Koreksi Data N_{SPT}

Data N_{SPT} yang didapat dari pengetesan lapangan tidak dapat langsung diinterpolasikan untuk mendapatkan parameter fisis tanah lainnya. Nilai N_{SPT} pada data *bore log* harus dikoreksi terlebih dahulu terhadap muka air tanah dan juga tegangan *overburden*. Nilai N_{SPT} yang telah dikoreksi terhadap muka air

tanah disebut N_1 , sedangkan nilai N_{SPT} yang telah dikoreksi terhadap tegangan *overburden* adalah N_2 .

Koreksi terhadap muka air tanah dilakukan untuk tanah pasir halus, pasir berlanau dan pasir berlempung yang berada dibawah muka air tanah dan hanya bila $N > 15$. Selain itu maka nilai $N_1 = N$. Berikut adalah contoh perhitungan untuk koreksi N_{SPT} terhadap muka air tanah pada kedalaman 3 meter – 3.5 meter dibawah permukaan tanah :

$$\begin{aligned} \text{a. } N_1 &= 15 + \frac{(N-15)}{2} \\ N_1 &= 15 + \frac{(20-15)}{2} \\ N_1 &= 17.5 \\ \text{b. } N_1 &= 0.6N \\ N_1 &= 0.6 \times 20 \\ N_1 &= 12 \end{aligned}$$

Harga N_1 yang dipakai adalah nilai terkecil dari hasil perhitungan pada point a dan b di atas, sehingga nilai $N_1 = 12$.

Setelah dikoreksi terhadap muka air tanah, maka selanjutnya data N_{SPT} harus dikoreksi terhadap tegangan *overburden*. Berikut adalah contoh perhitungan koreksi data N_{SPT} terhadap *overburden* :

$$\begin{aligned} \sigma_o &= (\gamma_1 x h_1) + (\gamma_2 x h_2) + (\gamma_3 x h_3) + (\gamma_4 x h_4) + (\gamma_5 x h_5) + (\gamma_6 x h_6) \\ &= (1.272 \times 0.5) + (1.344 \times 0.5) + (1.415 \times 0.5) + \\ &\quad (1.511 \times 0.5) + (1.607 \times 0.5) + (0.583 \times 0.5) \\ &= 3.865 \text{ ton/m}^2 \end{aligned}$$

Bila $\sigma_o \leq 7.5 \text{ ton/m}^2$, maka :

$$N_2 = \frac{4N_1}{1 + 0.4\sigma_o}$$

$$N_2 = \frac{4N_1}{1 + (0.4 \times 3.865)} = 18.852$$

$$N_2 \leq 2N_1 \rightarrow 18.852 \leq 24 \text{ ... (ok)}$$

Nilai N_2 harus bernilai lebih kecil dari pada $2N_1$, jika tidak maka nilai akhir N_2 dipakai $2N_1$. Hasil koreksi N_{SPT} dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Koreksi Data N_{SPT}

Depth (m)	NSPT (blow/ft)	N1	N2
1	7.00	7.000	14.00
1.5	10.00	10.000	20.00
2.0	13.00	13	26.00
2.5	17.00	17	29.25
3.0	21.00	21	30.96
3.5	20.00	12	16.99
4.0	18.00	10.8	14.78
4.5	16.00	9.6	12.75
5.0	14.00	14	17.90
5.5	12.00	12	14.86
6.0	10.00	10	12.07
6.5	10.00	10	11.77
7.0	11.00	11	12.62
7.5	12.00	12	13.41
8.0	13.00	13	14.15
8.5	14.00	14	14.83
9.0	15.00	15	15.46
9.5	13.00	13	13.10
10.0	11.00	11	10.97
10.5	9.00	9	8.93
11.0	8.00	8	7.91
11.5	7.00	7	6.90

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Koreksi Data N_{SPT} (lanjutan)

Depth (m)	NSPT (blow/ft)	N1	N2
12.0	6.00	6	5.89
12.5	7.00	7	6.85
13.0	7.00	7	6.83
13.5	7.00	7	6.81
14.0	7.00	7	6.79
14.5	8.00	8	7.73
15.0	8.00	8	7.70
15.5	7.00	7	6.72
16.0	7.00	7	6.69
16.5	6.00	6	5.72
17.0	8.00	8	7.60
17.5	10.00	10	9.46
18.0	12.00	12	11.30
18.5	12.00	12	11.25
19.0	13.00	13	12.14
19.5	14.00	14	13.00
20.0	15.00	15	13.86
20.5	18.00	10.8	9.94
21.0	19.00	11.4	10.45
21.5	24.00	14.4	13.14
22.0	28.00	16.8	15.24
22.5	33.00	19.8	17.86
23.0	39.00	23.4	20.96
23.5	44.00	26.4	23.47
24.0	50.00	30	26.46
24.5	50.00	30	26.25

Tabel 4.1 Hasil Perhitungan Koreksi Data N_{SPT} (lanjutan)

Depth (m)	NSPT (blow/ft)	N1	N2
25.0	50.00	30	26.04
25.5	50.00	30	25.84
26.0	50.00	30	25.65
26.5	50.00	30	25.46
27.0	50.00	30	25.28
27.5	50.00	30	25.10
28.0	50.00	30	24.93
28.5	50.00	30	24.76
29.0	50.00	30	24.59
29.5	50.00	30	24.43
30.0	50.00	30	24.27

4.2.2 Hasil Korelasi Data N_{SPT}

Parameter fisis tanah yang dibutuhkan untuk perencanaan selanjutnya adalah berat jenis tanah (γ), sudut geser tanah (ϕ) dan kerapatan relatif (*relative density*, D_r). Korelasi dilakukan terhadap nilai N_{SPT} yang telah dikoreksi (N_2) dan berdasarkan tabel korelasi yang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 SPT dan Korelasinya
(Sumber : J.E. Bowles, 1984)

<i>Cohesionless Soil/Sol Pulverent</i>					
N (<i>blows</i>)	0 – 3	4 – 10	11 – 30	31 – 50	> 50
γ (kN/m ³)	-	12 – 16	14 – 18	16 – 20	18 – 23
ϕ ($^\circ$)	-	25 – 32	28 – 36	30 – 40	> 35
<i>State</i>	<i>Very loose</i>	<i>Loose</i>	<i>Medium</i>	<i>Dense</i>	<i>Very dense</i>
D_r (%)	0 - 15	15 – 35	35 – 65	65 – 85	85 – 100

Korelasi data tanah dilakukan dengan cara interpolasi. Hasil korelasi parameter fisis tanah terhadap data N_{SPT} dapat dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil Korelasi Data N_{SPT} dengan γ , ϕ , D_r

Kedalaman (m)	N2 (pukulan/ft)	γ (ton/m ³)	ϕ (°)	D_r (%)
1	14.00	1.439	25.652	25.00
1.5	20.00	1.583	26.304	35.00
2.0	26.00	1.726	27.000	38.16
2.5	32.25	1.876	27.830	44.50
3.0	34.57	1.941	28.670	50.79
3.5	18.85	1.559	28.478	49.21
4.0	16.28	1.494	28.044	46.05
4.5	13.96	1.439	27.609	42.90
5.0	19.73	1.583	27.174	39.74
5.5	16.46	1.510	26.740	36.58
6.0	13.40	1.425	26.304	35.00
6.5	13.10	1.415	26.304	35.00
7.0	14.07	1.439	26.522	35.00
7.5	14.97	1.463	26.740	36.58
8.0	15.81	1.487	27.000	38.16
8.5	16.58	1.500	27.174	39.74
9.0	17.29	1.523	27.391	41.32
9.5	14.64	1.451	27.000	38.16
10.0	12.13	1.391	26.522	35.00
10.5	9.76	1.344	26.087	31.67
11.0	8.54	1.308	25.870	28.33
11.5	7.36	1.279	25.652	25.00

Tabel 4.3 Hasil Korelasi Data N_{SPT} dengan γ , \emptyset , Dr (lanjutan)

Kedalaman (m)	N2 (pukulan/ft)	γ (ton/m ³)	\emptyset (°)	Dr(%)
12.0	6.23	1.255	25.435	21.67
12.5	7.17	1.272	25.652	25.00
13.0	7.07	1.272	25.652	25.00
13.5	6.99	1.272	25.652	25.00
14.0	6.97	1.272	25.652	25.00
14.5	7.94	1.296	25.870	28.33
15.0	7.91	1.296	25.870	28.33
15.5	6.90	1.272	25.652	25.00
16.0	6.87	1.272	25.652	25.00
16.5	5.87	1.248	25.435	21.67
17.0	7.80	1.296	25.870	28.33
17.5	9.71	1.344	26.304	35.00
18.0	11.60	1.382	26.740	36.58
18.5	11.54	1.379	26.740	36.58
19.0	12.44	1.403	27.000	38.16
19.5	13.33	1.422	27.174	39.74
20.0	14.21	1.445	27.391	41.32
20.5	10.16	1.350	28.044	46.05
21.0	10.66	1.361	28.261	47.63
21.5	13.36	1.422	29.348	55.53
22.0	15.44	1.474	30.217	61.84
22.5	18.02	1.535	31.304	67.11
23.0	21.05	1.607	32.609	73.42
23.5	23.44	1.665	33.700	78.70
24.0	26.26	1.733	35.000	85.00

Tabel 4.3 Hasil Korelasi Data N_{SPT} dengan γ , ϕ , Dr (lanjutan)

Kedalaman (m)	N2 (pukulan/ft)	γ (ton/m ³)	ϕ (°)	Dr(%)
24.5	25.89	1.726	35.000	85.00
25.0	25.53	1.714	35.000	85.00
25.5	25.18	1.708	35.000	85.00
26.0	24.84	1.702	35.000	85.00
26.5	24.51	1.690	35.000	85.00
27.0	24.19	1.684	35.000	85.00
27.5	23.88	1.678	35.000	85.00
28.0	23.57	1.665	35.000	85.00
28.5	23.28	1.662	35.000	85.00
29.0	22.99	1.654	35.000	85.00
29.5	22.70	1.647	35.000	85.00
30.0	22.43	1.641	35.000	85.00

4.3 Analisa Zona Likuifaksi

Untuk mengetahui lapisan tanah yang berpotensi mengalami likuifaksi, maka perlu dilakukan analisa zona likuifaksi pada lapisan tanah yang jenuh air. Pada penulisan tugas akhir ini analisa zona likuifaksi dilakukan berdasarkan aspek tegangan dari data N_{SPT} . Karena data N_{SPT} diketahui setiap kedalaman 0.5 meter, maka analisa zona likuifaksi juga dilakukan setiap kedalaman 0.5 meter.

Berikut adalah contoh perhitungan analisa zona likuifaksi pada kedalaman 9.5 meter – 10 meter berdasarkan data tanah yang ada.

a. Menentukan nilai CSR (*Cyclic Stress Ratio*)

- Tentukan nilai a_{\max} . Berdasarkan peta untuk percepatan tanah puncak (PGA) pada SNI 03-1726-2012, nilai a_{\max} untuk pulau lombok adalah 0.5g.
- Hitung r_d .

$$r_d = \frac{1 - 0.4113z^{0.5} + 0.04052z + 0.001753z^{1.5}}{1 - 0.4177z^{0.5} + 0.05729z - 0.006205z^{1.5} + 0.00121z^2}$$

$$= \frac{1 - 0.4113 \times 10^{0.5} + 0.04052 \times 10 + 0.001753 \times 10^{1.5}}{1 - 0.4177 \times 10^{0.5} + 0.05729 \times 10 - 0.006205 \times 10^{1.5} + 0.00121 \times 10^2}$$

$$= 0.9049$$

- Hitung nilai CSR (*Cyclic Stress Ratio*)

$$CSR = 0.65 \times \left(\frac{a_{\max}}{g} \right) \times \left(\frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \right) \times r_d$$

$$= 0.65 \times \left(\frac{0.5g}{g} \right) \times \left(\frac{14.62 \text{ ton/m}^2}{5.12 \text{ ton/m}^2} \right) \times 0.9049$$

$$= 0.8396$$

b. Menentukan nilai CRR (*Cyclic Resistance Ratio*)

- Hitung nilai $(N_1)_{60} = C_N C_E C_R C_B C_S N_M$.

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{vo}} \right)^{0.5} = \left(\frac{10 \text{ ton/m}^2}{5.12 \text{ ton/m}^2} \right)^{0.5} = 1.39$$

$C_E = 1$ (tipe *hammer* otomatis)

$C_R = 1$ (panjang batang bor = 30 m)

$C_B = 1$ (diameter lubang bor = 70 mm)

$C_S = 1$ (tipe pengamilan sampel = standar)

$N_M = 12.13$ (N2 pada kedalaman 10 m)

Maka $(N_1)_{60} = 1.39 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 12.13 = 16.96$

- Hitung $\Delta(N_1)_{60}$

$$\begin{aligned}\Delta(N_1)_{60} &= \exp\left(1.63 + \frac{9.7}{FC + 0.01} - \left(\frac{15.7}{FC + 0.01}\right)^2\right) \\ &= \exp\left(1.63 + \frac{9.7}{0.05 + 0.01} - \left(\frac{15.7}{0.05 + 0.01}\right)^2\right) \\ &= 0\end{aligned}$$

- Hitung $(N_1)_{60cs} = (N_1)_{60} + \Delta(N_1)_{60}$
 $= 16.96 + 0$
 $= 16.96$

- Hitung $CRR_{7.5}$

$$\begin{aligned}CRR_{7.5} &= \exp\left(\frac{(N_1)_{60cs}}{14.1} + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{126}\right)^2 + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{23.6}\right)^3 + \left(\frac{(N_1)_{60cs}}{25.4}\right)^4 - 2.8\right) \\ CRR_{7.5} &= \exp\left(\frac{16.96}{14.1} + \left(\frac{16.96}{126}\right)^2 + \left(\frac{16.96}{23.6}\right)^3 + \left(\frac{16.96}{25.4}\right)^4 - 2.8\right) \\ CRR_{7.5} &= 0.3624\end{aligned}$$

- Hitung $C_\sigma = \frac{1}{18.9 - 2.25\sqrt{(N_1)_{60cs}}} \leq 0.3$

$$\begin{aligned}C_\sigma &= \frac{1}{18.9 - 2.25\sqrt{16.96}} \\ C_\sigma &= 0.119\end{aligned}$$

- Hitung $K\sigma = 1 - C_\sigma \ln\left(\frac{\sigma'_v}{P_a}\right) \leq 1.1$

$$K\sigma = 1 - 0.119 \ln\left(\frac{5.12}{10 \text{ ton/m}^2}\right)$$

$$K\sigma = 1.0797 < 1.1 \text{ maka dipakai } K\sigma = 1.0797$$

- Menentukan *Magnitude Scalling Factor (MSF)*

$$\begin{aligned}
 MSF &= 6.9 \cdot \exp\left(\frac{-M}{4}\right) - 0.058 \leq 1.8 \\
 &= 6.9 \exp\left(\frac{-4.5}{4}\right) - 0.058 \\
 &= 2.18 > 1.8 \text{ maka dipakai } MSF = 1.8.
 \end{aligned}$$

Nilai $M = 4.5$ didapat dari rekapitulasi beberapa kejadian gempa terakhir yang terjadi di Lombok.

- Hitung $CRR_{M,\sigma'_v} = CRR_{M=7.5,\sigma'_v=1} \cdot MSF \cdot K_\sigma$

$$CRR_{M,\sigma'_v} = 0.3642 \times 1.8 \times 1.0797$$

$$CRR_{M,\sigma'_v} = 0.708$$

c. Menentukan nilai $SF = \frac{CRR_{M,\sigma'_v}}{CSR} = \frac{0.708}{0.8396} = 0.843$

Nilai $SF = 0.843 < 1$, maka lapisan tanah pada kedalaman 9.5 meter – 10 meter beresiko terjadinya likuifaksi. Hasil analisa zona likuifaksi pada seluruh kedalaman tanah dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Hasil Analisa Zona Likuifaksi

Depth (m)	CSR	CRR_M	FS
1	1.0591	4.068	3.841
1.5	0.9520	711.960	747.868
2.0	0.8711	21424860.130	24596189.976
2.5	0.8066	5.37E+15	6.65E+15
3.0	0.7648	-2.11E+20	-2.75E+20
3.5	0.7788	192.459	247.130
4.0	0.7953	18.520	23.289
4.5	0.8132	3.980	4.895

Tabel 4.4 Hasil Analisa Zona Likuifaksi (lanjutan)

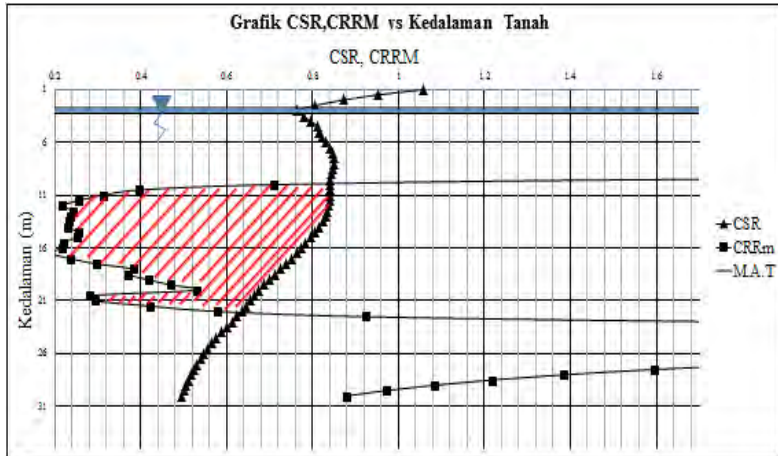
Depth (m)	CSR	CRR _M	FS
5.0	0.8146	514.388	631.481
5.5	0.8209	21.205	25.833
6.0	0.8321	2.936	3.528
6.5	0.8418	2.439	2.897
7.0	0.8478	3.228	3.807
7.5	0.8504	4.117	4.842
8.0	0.8499	5.041	5.931
8.5	0.8474	5.944	7.015
9.0	0.8423	6.723	7.981
9.5	0.8401	1.702	2.026
10.0	0.8396	0.708	0.843
10.5	0.8398	0.397	0.472
11.0	0.8399	0.312	0.371
11.5	0.8396	0.257	0.306
12.0	0.8386	0.218	0.260
12.5	0.8349	0.243	0.291
13.0	0.8297	0.237	0.286
13.5	0.8230	0.232	0.282
14.0	0.8150	0.229	0.281
14.5	0.8050	0.255	0.317
15.0	0.7943	0.251	0.316
15.5	0.7841	0.219	0.280
16.0	0.7735	0.217	0.280
16.5	0.7637	0.193	0.252
17.0	0.7522	0.237	0.314
17.5	0.7392	0.297	0.402

Tabel 4.4 Hasil Analisa Zona Likuifaksi (lanjutan)

Depth (m)	CSR	CRR _M	FS
18.0	0.7254	0.385	0.530
18.5	0.7123	0.372	0.522
19.0	0.6992	0.417	0.597
19.5	0.6863	0.470	0.684
20.0	0.6736	0.529	0.785
20.5	0.6644	0.282	0.424
21.0	0.6555	0.295	0.450
21.5	0.6456	0.421	0.653
22.0	0.6352	0.579	0.911
22.5	0.6240	0.923	1.480
23.0	0.6121	1.809	2.954
23.5	0.5999	3.297	5.496
24.0	0.5872	7.569	12.890
24.5	0.5756	5.567	9.672
25.0	0.5651	4.247	7.515
25.5	0.5555	3.338	6.009
26.0	0.5466	2.692	4.925
26.5	0.5385	2.221	4.124
27.0	0.5309	1.867	3.517
27.5	0.5239	1.596	3.047
28.0	0.5175	1.386	2.677
28.5	0.5115	1.218	2.380
29.0	0.5059	1.082	2.139
29.5	0.5007	0.971	1.939
30.0	0.4958	0.879	1.773

Tanah beresiko untuk terjadinya likuifaksi apabila nilai $FS < 1$. Berdasarkan Tabel 4.4 dapat dilihat bahwa kedalaman tanah yang berpotensi terjadi likuifaksi ditandai dengan warna merah pada kolom FS dengan total tebal lapisan 12.5 meter. Pada kedalaman 3 meter nilai $FS < 1$, akan tetapi lapisan tersebut tidak dinyatakan beresiko terhadap likuifaksi. Hal tersebut dapat terjadi karena kedalaman 3 meter masih berada di atas muka air tanah, sedangkan likuifaksi hanya berpotensi pada kondisi tanah pasir yang jenuh air.

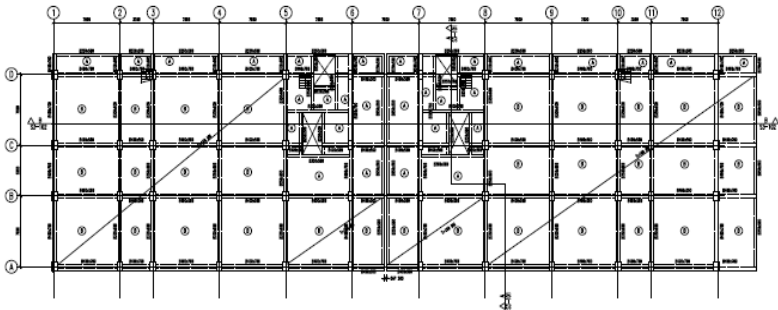
Daerah lapisan tanah yang mengalami likuifaksi dapat juga dilihat berdasarkan Gambar 4.1. Grafik yang terdapat pada Gambar 4.1 merupakan nilai CSR dan CRR_M pada seluruh kedalaman tanah yang ditinjau. Titik awal mula perpotongan garis CRR_M dengan garis CSR merupakan sebuah wilayah yang menggambarkan berpotensi terjadinya likuifaksi. Daerah tersebut dinyatakan berpotensi mengalami likuifaksi karena nilai $CRR_M < CSR$.



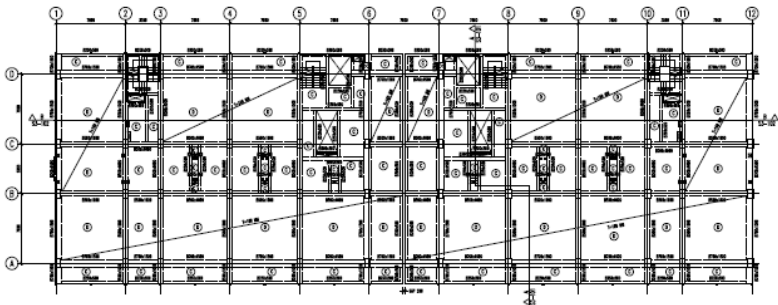
Gambar 4.1 Grafik Hubungan CRR_M , CSR vs Kedalaman Tanah

4.4 Permodelan Struktur Bangunan Atas

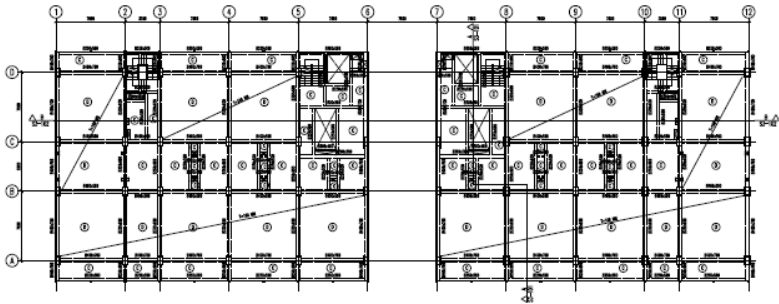
Permodelan struktur bangunan atas dilakukan dengan program bantu analisa struktur SAP 2000. Permodelan ini bertujuan untuk mendapatkan reaksi perletakan di dasar gedung yang nantinya akan digunakan pada perhitungan perencanaan pondasi. Struktur yang dimodelkan adalah bangunan hotel yang terdiri dari 13 lantai. Denah dari bangunan hotel yang akan direncanakan adalah sebagai berikut :



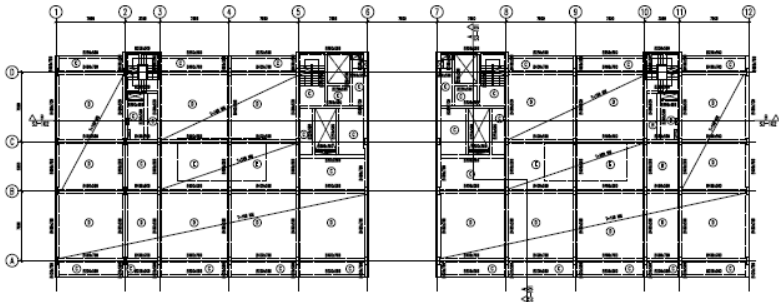
Gambar 4.2 Denah Lantai Dasar Hotel



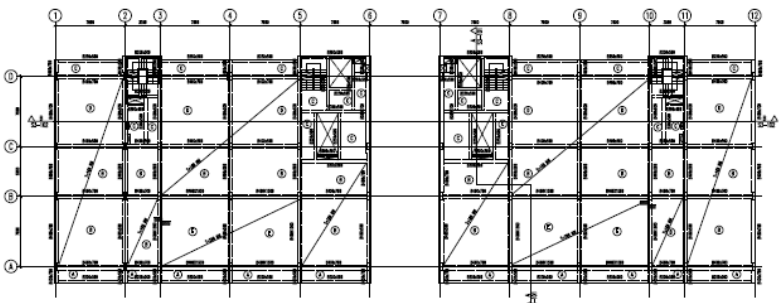
Gambar 4.3 Denah Lantai 2 Hotel



Gambar 4.4 Denah Lantai 3 – 11 Hotel



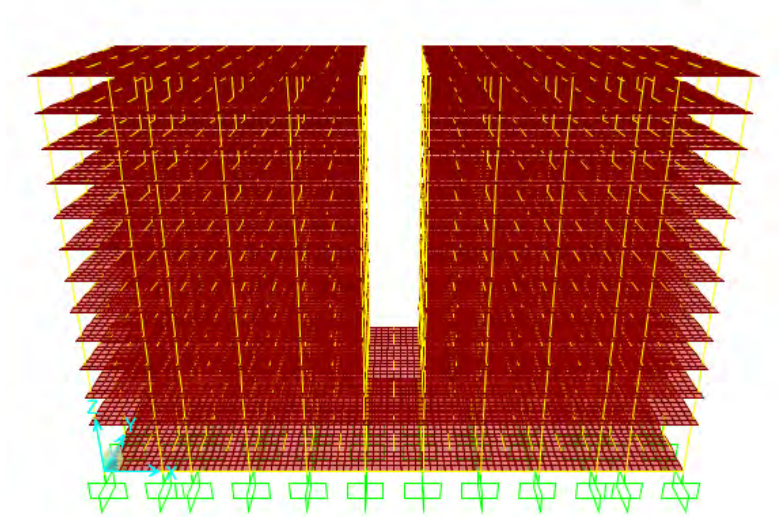
Gambar 4.5 Denah Lantai 12 Hotel



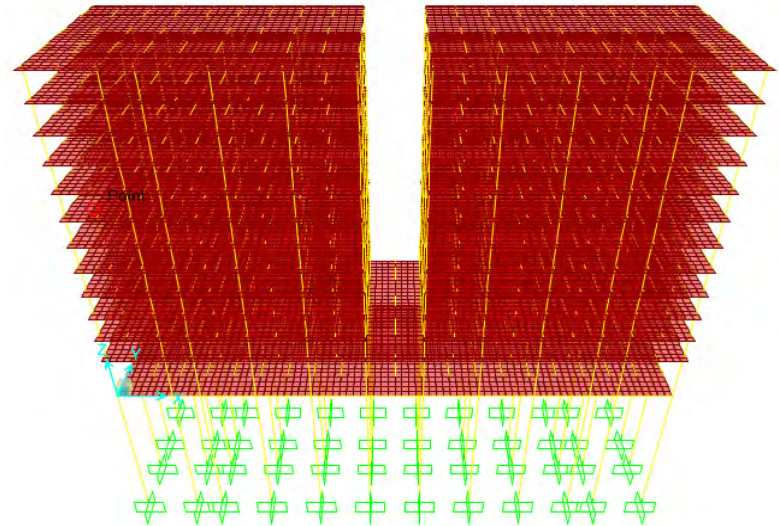
Gambar 4.6 Denah Lantai 13 Hotel

Permodelan struktur bangunan atas dengan program bantu SAP 2000 akan dilakukan secara sederhana. Hal tersebut dikarenakan pada penulisan tugas akhir ini tidak meninjau perencanaan struktur bangunan atas, sehingga permodelan struktur bangunan hanya dilakukan dengan tujuan mendapatkan reaksi perletakan di dasar bangunan.

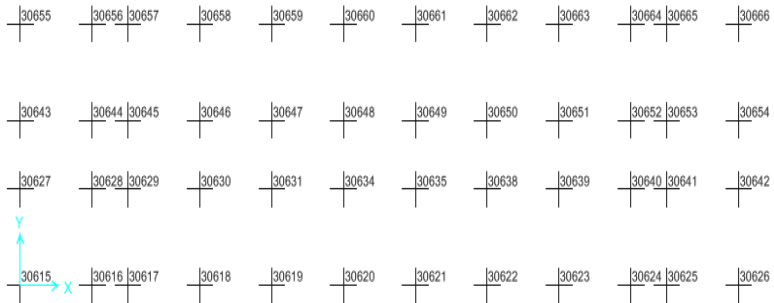
Pada penulisan tugas akhir ini terdapat dua kondisi yang dibandingkan. Kondisi tersebut adalah kondisi saat tidak likuifaksi dan saat kondisi likuifaksi. Maka dari itu pada permodelan struktur bangunan atas juga perlu dimodelkan terhadap dua kondisi tersebut. Berikut adalah permodelan yang dilakukan pada program bantu SAP 2000 :



Gambar 4.7 Model 3 Dimensi Struktur Bangunan Hotel Saat Kondisi Tidak Likuifaksi



Gambar 4.8 Model 3 Dimensi Struktur Bangunan Hotel Saat Kondisi Likuifaksi



Gambar 4.9 Posisi Perletakan di Dasar Bangunan Pada Permodelan Struktur dengan SAP2000

4.4.1 Pembebanan struktur

Pembebanan struktur dilakukan berdasarkan pada PPIUG 1983 dan SNI 03-1726-2012. Beban – beban yang bekerja pada struktur dapat dilihat pada rincian sebagai berikut :

- a. Beban mati
 - Berat sendiri beton bertulang : 2400 kg/m³
 - Adukan semen (spesi) : 21 kg/m²
 - Tegel : 24 kg/m²
 - Aspal : 14 kg/m²
 - Dinding setengah bata : 250 kg/m²
 - Plafond : 11 kg/m²
 - Penggantung : 7 kg/m²
 - *Plumbing + Ducting* : 30 kg/m²
- b. Beban hidup
 - Lantai atap : 100 kg/m²
 - Lantai Hotel : 250 kg/m²
 - Hujan : 20 kg/m²
- c. Beban Gempa

Perhitungan beban gempa rencana pada permodelan kali ini menggunakan beban gempa dinamik. Berikut adalah data-data dalam menentukan gempa rencana :

- Fungsi bangunan : Gedung Hotel
- Lokasi : Lombok
- Kategori resiko : II
- Faktor Keutamaan Gempa(I_E) : 1,0
- Kelas situs : SE (tanah lunak)
- Koefisien Modifikasi Respon(R) : 8

Dalam menentukan gaya gempa dinamik yang bekerja pada struktur maka perlu menentukan parameter respon spektrum berdasarkan SNI 03-1726-2012. Nilai parameter respon spektrum untuk wilayah Lombok dengan kelas situs SE dapat dilihat pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Parameter Respon Spektrum Gempa Wilayah Lombok, Kelas Situs SE

S_s (g)	0.985
S_1 (g)	0.388
F_a	0.918
F_v	2.447
S_{DS} (g)	0.603
S_{D1} (g)	0.633

4.4.2 Hasil analisa struktur bangunan atas

Analisa dengan program bantu SAP2000 dilakukan untuk mendapatkan nilai reaksi pada perletakan di dasar bangunan. Nilai reaksi tersebut nantinya akan dipakai untuk perencanaan pondasi. Hasil analisa struktur bangunan atas dengan program SAP200 dapat dilihat pada Lampiran 2.

4.4.3 Kontrol kebenaran SAP2000

Setelah dilakukan permodelan analisa struktur dengan program bantu SAP 2000, maka perlu dilakukan kontrol kebenaran terhadap analisa yang dilakukan. Kontrol kebenaran dapat dilakukan dengan cara membandingkan perhitungan total berat bangunan secara manual dengan *base reaction* arah sumbu z (F_z) dari program SAP 2000, dengan selisih $< 10\%$. Perhitungan berat total bangunan dapat dilihat pada Lampiran 3.

Tabel 4.6 Hasil Kontrol Kebenaran Analisa Struktur

Kondisi	Berat Bangunan (kg)		Persentase Perbedaan
	Hitung Manual	Hasil Analisa SAP	
Tidak Likuifaksi	21224098	22953063.97	7.53%
Likuifaksi	21557785.47	23287137.62	7.43%

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 4.6 diperoleh bahwa persentase perbedaan total berat bangunan antara hitungan manual dan hasil analisa SAP 2000 didapatkan nilai $< 10\%$. Maka hasil analisa SAP 2000 dapat dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

PERENCANAAN PONDASI

5.1 Gambaran Umum

Perencanaan pondasi bangunan hotel pada penulisan tugas akhir ini dilakukan menggunakan pondasi tiang pancang. Pondasi yang digunakan adalah tiang pancang beton *precast spun pile* yang diproduksi oleh PT.Waskita Karya. Spesifikasi tiang pancang beton *precast* yang digunakan dapat dilihat pada Lampiran 4.

5.2 Perhitungan Daya Dukung Tanah untuk Tiang Pancang

5.2.1 Daya dukung tanah saat kondisi non likuifaksi

Perhitungan daya dukung tanah untuk tiang dilakukan untuk mendapatkan daya dukung tanah di tiap kedalaman tanah. Penentuan dimensi tiang pancang berpengaruh terhadap daya dukung satu tiang dan juga jumlah tiang yang diperlukan di setiap titik perletakan yang direncanakan. Maka, pada penulisan tugas akhir ini direncanakan pondasi tiang pancang dengan diameter 600 mm, 800 mm dan 1000 mm.

Contoh perhitungan daya dukung tiang pancang diameter 600 berdasarkan metode Meyerhof pada kedalaman 10 meter adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} - \quad Q_{ultimate} &= Q_{ujung} + Q_{selimut} \\ Q_{ultimate} &= (C_n \times A_{ujung}) + (\sum C_{li} \cdot A_{si}) \\ &= (469.1 \times 0.283 \text{ m}^2) + (59.54 \text{ ton}) \\ &= 192.18 \text{ ton} \\ - \quad Q_{ijin} &= Q_{ultimate} / SF \\ &= 192.18 / 3 \\ &= 64.06 \text{ ton} \end{aligned}$$

Keterangan :

Asi = luas selimut tiang pada segmen ke i = $O_i \times h_i$

- O_i = keliling tiang
 $C_{n_{ujung}}$ = 40 N
 N = harga rata-rata N_2 pada 4D di bawah ujung sampai dengan 8D di atas ujung tiang
 $C_{li}=f_{si}$ = hambatan geser selimut tiang pada segmen i , dimana :
 - $N/2$ ton/m² untuk tanah lempung atau lanau
 - $N/5$ ton/m² untuk tanah pasir
 SF = angka keamanan, direncanakan = 3

Tabel hasil perhitungan daya dukung tanah untuk tiang pancang diameter 600 dapat dilihat pada Tabel 5.2. Sedangkan, nilai daya dukung tanah untuk diameter lainnya dapat dilihat pada Gambar 5.1.

Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah untuk Tiang Pancang Diameter 600 mm Kondisi Non Likuifaksi

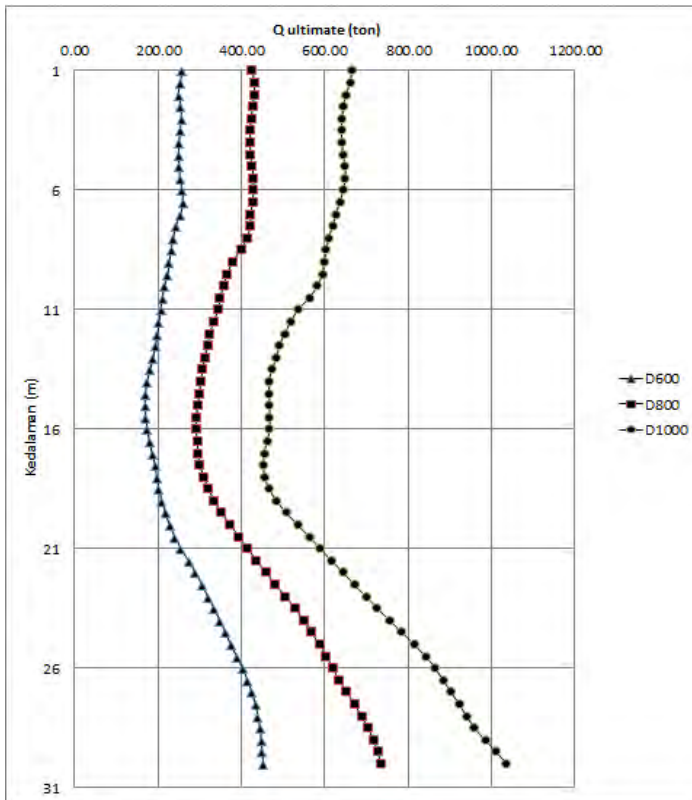
Depth (m)	NSPT (blow /ft)	L/P	N rata2 ujung	Q _{ujung} (ton)	f_{si} (ton/m ²)	R _{si} (ton)	Σ R _{si} (ton)	Q _{ultimate}
1	7.00	P	22.87	258.63	2.80	2.64	2.64	261.27
1.5	10.00	P	21.71	245.56	4.00	3.77	6.41	251.97
2.0	13.00	P	20.59	232.89	5.20	4.90	11.31	244.20
2.5	17.00	P	20.29	229.51	5.85	5.51	16.82	246.34
3.0	21.00	P	19.75	223.37	6.19	5.84	22.66	246.03
3.5	20.00	P	19.05	215.47	3.40	3.20	25.86	241.33
4.0	18.00	P	18.45	208.61	2.96	2.79	28.65	237.26
4.5	16.00	P	18.00	203.54	2.55	2.40	31.05	234.60
5.0	14.00	P	17.67	199.84	3.58	3.37	34.43	234.27
5.5	12.00	P	17.44	197.19	2.97	2.80	37.23	234.41
6.0	10.00	P	17.27	195.35	2.41	2.27	39.50	234.85
6.5	10.00	P	17.36	196.38	2.35	2.22	41.72	238.10
7.0	11.00	P	16.93	191.50	2.52	2.38	44.10	235.60

Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah untuk Tiang Pancang Diameter 600 mm Kondisi Non Likuifaksi (lanjutan)

Depth (m)	NSPT (blow /ft)	L/P	N rata2 ujung	Qujung (ton)	<i>f_{si}</i> (ton/m2)	R _{si} (ton)	Σ R _{si} (ton)	Qultimate
7.5	12.00	P	15.99	180.87	2.68	2.53	46.63	227.50
8.0	13.00	P	14.72	166.51	2.83	2.67	49.30	215.81
8.5	14.00	P	13.28	150.22	2.97	2.80	52.09	202.31
9.0	15.00	P	12.65	143.08	3.09	2.91	55.01	198.09
9.5	13.00	P	12.10	136.80	2.62	2.47	57.48	194.28
10.0	11.00	P	11.73	132.64	2.19	2.07	59.54	192.18
10.5	9.00	P	11.04	124.81	1.79	1.68	61.23	186.04
11.0	8.00	P	10.53	119.12	1.58	1.49	62.72	181.83
11.5	7.00	P	10.20	115.38	1.38	1.30	64.02	179.40
12.0	6.00	P	9.95	112.53	1.18	1.11	65.13	177.66
12.5	7.00	P	9.64	109.05	1.37	1.29	66.42	175.47
13.0	7.00	P	9.22	104.31	1.37	1.29	67.71	172.02
13.5	7.00	P	8.76	99.04	1.36	1.28	68.99	168.04
14.0	7.00	P	8.19	92.60	1.36	1.28	70.27	162.88
14.5	8.00	P	7.70	87.05	1.55	1.46	71.73	158.78
15.0	8.00	P	7.47	84.48	1.54	1.45	73.18	157.66
15.5	7.00	P	7.49	84.72	1.34	1.27	74.45	159.16
16.0	7.00	P	7.64	86.36	1.34	1.26	75.71	162.07
16.5	6.00	P	7.90	89.34	1.14	1.08	76.79	166.13
17.0	8.00	P	8.28	93.66	1.52	1.43	78.22	171.88
17.5	10.00	P	8.78	99.29	1.89	1.78	80.00	179.29
18.0	12.00	P	8.97	101.47	2.26	2.13	82.13	183.61
18.5	12.00	P	9.20	104.03	2.25	2.12	84.26	188.29
19.0	13.00	P	9.59	108.50	2.43	2.29	86.54	195.04

Tabel 5.1 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah untuk Tiang Pancang Diameter 600 mm Kondisi Non Likuifaksi (lanjutan)

Depth (m)	NSPT (blow /ft)	L/P	N rata2 ujung	Qujung (ton)	f_{si} (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qultimate
19.5	14.00	P	10.12	114.48	2.60	2.45	88.99	203.47
20.0	15.00	P	10.76	121.64	2.77	2.61	91.61	213.24
20.5	18.00	P	11.58	131.01	1.99	1.87	93.48	224.49
21.0	19.00	P	12.63	142.85	2.09	1.97	95.45	238.30
21.5	24.00	P	13.87	156.82	2.63	2.48	97.93	254.75
22.0	28.00	P	15.15	171.33	3.05	2.87	100.80	272.13
22.5	33.00	P	16.30	184.36	3.57	3.37	104.17	288.53
23.0	39.00	P	17.33	195.94	4.19	3.95	108.12	304.06
23.5	44.00	P	18.22	206.08	4.69	4.42	112.54	318.62
24.0	50.00	P	19.11	216.13	5.29	4.99	117.53	333.65
24.5	50.00	P	19.93	225.42	5.25	4.95	122.47	347.89
25.0	50.00	P	20.69	233.97	5.21	4.91	127.38	361.35
25.5	50.00	P	21.38	241.79	5.17	4.87	132.25	374.04
26.0	50.00	P	22.30	252.26	5.13	4.83	137.09	389.35
26.5	50.00	P	23.19	262.26	5.09	4.80	141.89	404.15
27.0	50.00	P	23.89	270.24	5.06	4.76	146.65	416.89
27.5	50.00	P	24.46	276.62	5.02	4.73	151.39	428.01
28.0	50.00	P	24.90	281.60	4.99	4.70	156.08	437.68
28.5	50.00	P	25.18	284.78	4.95	4.67	160.75	445.53
29.0	50.00	P	25.31	286.27	4.92	4.64	165.39	451.65
29.5	50.00	P	25.22	285.19	4.89	4.60	169.99	455.18
30.0	50.00	P	25.12	284.13	4.85	4.57	174.56	458.69



Gambar 5.1 Grafik Kedalaman VS Qultimate Kondisi Non Likuifaksi

5.2.2 Daya dukung tanah saat kondisi likuifaksi

Perhitungan analisa daya dukung tanah untuk tiang pada kondisi likuifaksi adalah sama dengan pada saat kondisi non likuifaksi. Namun pada kondisi likuifaksi, nilai *friction*/gaya lekat pada kedalaman yang berpotensi likuifaksi menjadi hilang.

Tabel hasil perhitungan daya dukung tanah pada kondisi likuifaksi untuk diameter 600 dapat dilihat pada Tabel 5.2. Nilai daya dukung tanah untuk diameter lainnya dan perbandingan nilai

daya dukung pada kondisi likuifaksi dan non likuifaksi dapat dilihat pada Gambar 5.2 dan Gambar 5.3.

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah untuk Tiang Pancang Diameter 600 mm Kondisi Likuifaksi

Depth (m)	NSPT (blow/ft)	L/P	N rata2 ujung	Qujung (ton)	fsi (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qultimate
1	7.00	P	22.87	258.63	2.80	2.64	2.64	261.27
1.5	10.00	P	21.71	245.56	4.00	3.77	6.41	251.97
2.0	13.00	P	20.59	232.89	5.20	4.90	11.31	244.20
2.5	17.00	P	20.29	229.51	5.85	5.51	16.82	246.34
3.0	21.00	P	19.75	223.37	6.19	5.84	22.66	246.03
3.5	20.00	P	19.05	215.47	3.40	3.20	25.86	241.33
4.0	18.00	P	18.45	208.61	2.96	2.79	28.65	237.26
4.5	16.00	P	18.00	203.54	2.55	2.40	31.05	234.60
5.0	14.00	P	17.67	199.84	3.58	3.37	34.43	234.27
5.5	12.00	P	17.44	197.19	2.97	2.80	37.23	234.41
6.0	10.00	P	17.27	195.35	2.41	2.27	39.50	234.85
6.5	10.00	P	17.36	196.38	2.35	2.22	41.72	238.10
7.0	11.00	P	16.93	191.50	2.52	2.38	44.10	235.60
7.5	12.00	P	15.99	180.87	2.68	2.53	46.63	227.50
8.0	13.00	P	14.72	166.51	2.83	2.67	49.30	215.81
8.5	14.00	P	13.28	150.22	2.97	2.80	52.09	202.31
9.0	15.00	P	12.65	143.08	3.09	2.91	55.01	198.09
9.5	13.00	P	12.10	136.80	2.62	2.47	57.48	194.28
10.0	11.00	P	11.73	132.64	2.19		57.48	190.11
10.5	9.00	P	11.04	124.81	1.79		57.48	182.28
11.0	8.00	P	10.53	119.12	1.58		57.48	176.59
11.5	7.00	P	10.20	115.38	1.38		57.48	172.86
12.0	6.00	P	9.95	112.53	1.18		57.48	170.00

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah untuk Tiang Pancang Diameter 600 mm Kondisi Likuifaksi (lanjutan)

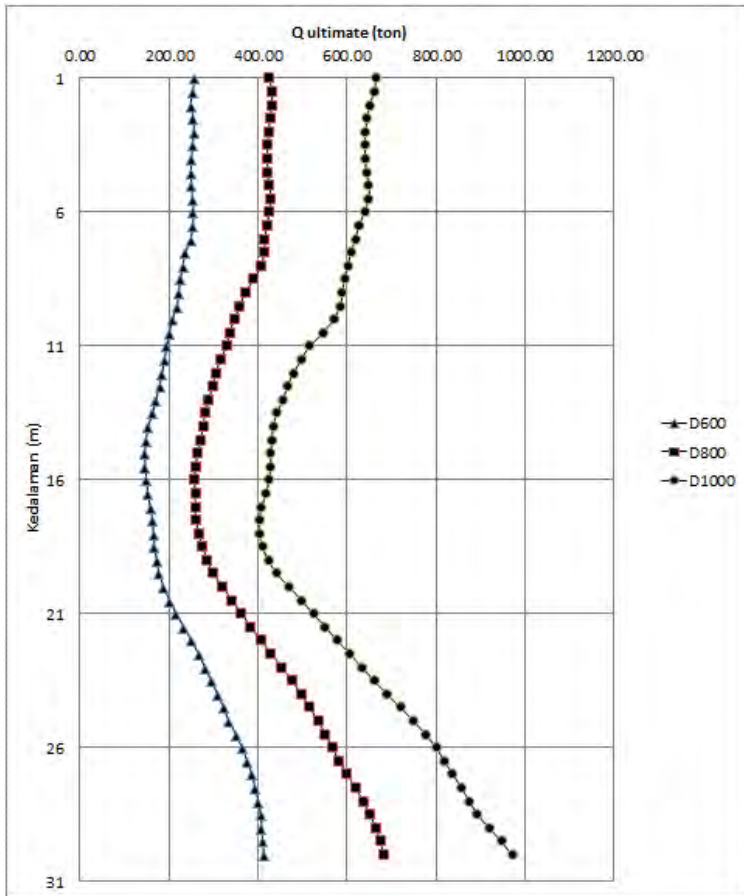
Depth (m)	NSPT (blow /ft)	L/P	N rata2 ujung	Qujung (ton)	fsi (ton/m2)	Rsi (ton)	Σ Rsi (ton)	Qultimate
12.5	7.00	P	9.64	109.05	1.37		57.48	166.52
13.0	7.00	P	9.22	104.31	1.37		57.48	161.79
13.5	7.00	P	8.76	99.04	1.36		57.48	156.52
14.0	7.00	P	8.19	92.60	1.36		57.48	150.08
14.5	8.00	P	7.70	87.05	1.55		57.48	144.52
15.0	8.00	P	7.47	84.48	1.54		57.48	141.95
15.5	7.00	P	7.49	84.72	1.34		57.48	142.19
16.0	7.00	P	7.64	86.36	1.34		57.48	143.83
16.5	6.00	P	7.90	89.34	1.14		57.48	146.82
17.0	8.00	P	8.28	93.66	1.52		57.48	151.14
17.5	10.00	P	8.78	99.29	1.89		57.48	156.77
18.0	12.00	P	8.97	101.47	2.26		57.48	158.95
18.5	12.00	P	9.20	104.03	2.25		57.48	161.51
19.0	13.00	P	9.59	108.50	2.43		57.48	165.98
19.5	14.00	P	10.12	114.48	2.60		57.48	171.95
20.0	15.00	P	10.76	121.64	2.77		57.48	179.11
20.5	18.00	P	11.58	131.01	1.99		57.48	188.48
21.0	19.00	P	12.63	142.85	2.09		57.48	200.33
21.5	24.00	P	13.87	156.82	2.63		57.48	214.30
22.0	28.00	P	15.15	171.33	3.05		57.48	228.80
22.5	33.00	P	16.30	184.36	3.57	3.37	60.84	245.21
23.0	39.00	P	17.33	195.94	4.19	3.95	64.79	260.73
23.5	44.00	P	18.22	206.08	4.69	4.42	69.22	275.30
24.0	50.00	P	19.11	216.13	5.29	4.99	74.20	290.33

Tabel 5.2 Hasil Perhitungan Daya Dukung Tanah untuk Tiang Pancang Diameter 600 mm Kondisi Likuifaksi (lanjutan)

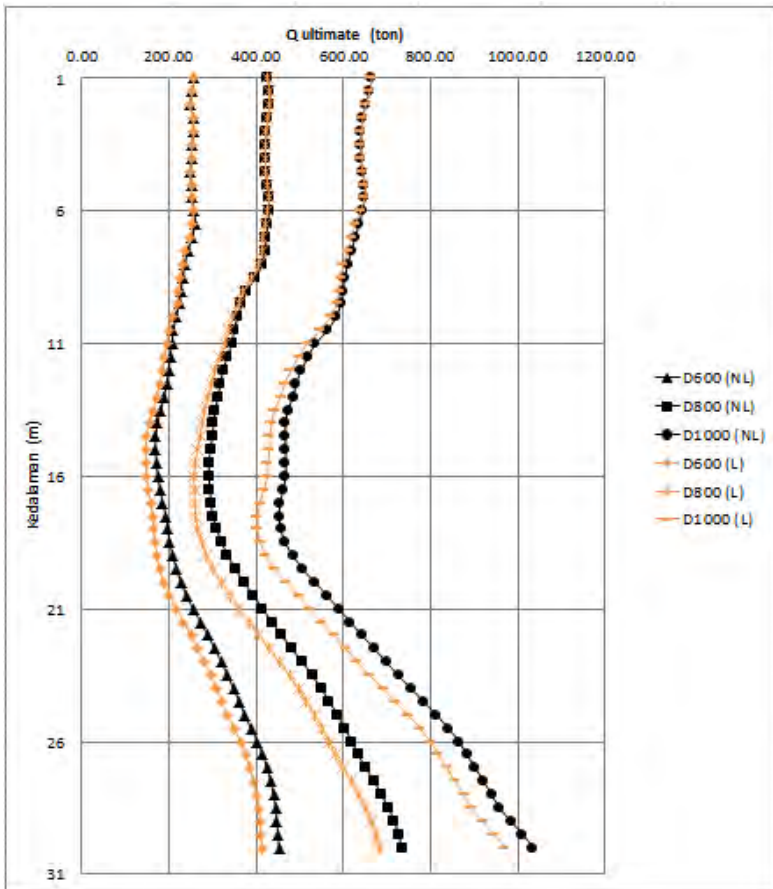
Depth (m)	NSPT (blow /ft)	L/P	N rata2 ujung	Qujung (ton)	<i>f_s</i> (ton/m ²)	R _s (ton)	Σ R _s (ton)	Qultimate
24.5	50.00	P	19.93	225.42	5.25	4.95	79.15	304.57
25.0	50.00	P	20.69	233.97	5.21	4.91	84.06	318.03
25.5	50.00	P	21.38	241.79	5.17	4.87	88.93	330.72
26.0	50.00	P	22.30	252.26	5.13	4.83	93.77	346.03
26.5	50.00	P	23.19	262.26	5.09	4.80	98.57	360.82
27.0	50.00	P	23.89	270.24	5.06	4.76	103.33	373.57
27.5	50.00	P	24.46	276.62	5.02	4.73	108.06	384.68
28.0	50.00	P	24.90	281.60	4.99	4.70	112.76	394.36
28.5	50.00	P	25.18	284.78	4.95	4.67	117.43	402.21
29.0	50.00	P	25.31	286.27	4.92	4.64	122.06	408.33
29.5	50.00	P	25.22	285.19	4.89	4.60	126.67	411.85
30.0	50.00	P	25.12	284.13	4.85	4.57	131.24	415.37

Pada kondisi likuifaksi maka nilai *friction* pada kedalaman yang berpotensi likuifaksi, yaitu kedalaman 10m – 22m, menjadi hilang. Hal tersebut dapat dilihat pada Tabel 5.2 bahwa nilai R_s (*friction*) pada kedalaman 10m – 22m ditandai dengan warna hitam.

Nilai Qultimate pada kedalaman 30 meter berdasarkan Tabel 5.2 adalah 415.37 ton. Nilai ini lebih kecil dibandingkan Qultimate pada kondisi non likuifaksi berdasarkan Tabel 5.2 yaitu 458.69 ton. Maka dapat disimpulkan bahwa daya dukung tanah mengalami penurunan pada kondisi likuifaksi.



Gambar 5.2 Grafik Kedalaman VS $Q_{ultimate}$ Kondisi Likuifaksi



Gambar 5.3 Perbandingan Daya Dukung Tanah Kondisi Likuifaksi dan Kondisi Non Likuifaksi

Pada Gambar 5.3 dapat dilihat bahwa daya dukung tanah untuk tiang pancang mengalami penurunan pada kondisi likuifaksi. Penurunan daya dukung tanah mulai terjadi pada kedalaman 10 meter, yang dimana pada kedalaman tersebut merupakan lapisan tanah yang mengalami likuifaksi.

5.3 Kebutuhan Jumlah Pondasi Tiang Pancang

Jenis pondasi tiang pancang yang digunakan dalam penulisan tugas akhir ini adalah tiang pancang beton *precast spun pile*. Berdasarkan salah satu tujuan penulisan tugas akhir ini, yaitu mengetahui perbedaan kebutuhan pondasi ketika kondisi likuifaksi dan tidak likuifaksi, maka perencanaan kebutuhan jumlah pondasi tiang pancang dibagi menjadi beberapa kondisi sebagai berikut :

- Kondisi 1 adalah kondisi tidak memperhitungkan adanya likuifaksi (nonlikuifaksi), namun tetap meninjau adanya beban gempa, dan $SF = 5$.
- Kondisi 2 adalah kondisi memperhitungkan adanya likuifaksi, meninjau adanya beban gempa, dan $SF = 1.5$.
- Kondisi 3 adalah kondisi tidak memperhitungkan adanya likuifaksi (nonlikuifaksi), namun tetap meninjau adanya beban gempa, dan $SF = 2$.
- Kondisi 4 adalah kondisi tidak memperhitungkan adanya likuifaksi, tidak meninjau adanya beban gempa, dan $SF = 3$.

Untuk menentukan kedalaman tiang pancang, dipakai nilai Q_{ijin} tanah dimana setara dengan $\frac{1}{2} Q_{allowable}$ axial bahan tiang pancang. Hal tersebut bertujuan agar ketika proses pemancangan dilapangan, tiang tidak mengalami retak dan dapat mencapai kedalaman yang direncanakan. Berikut adalah contoh perhitungan pondasi yang dilakukan pada titik *joint* 30615, dalam kondisi 3.

a. Menentukan jenis tiang pancang

Direncanakan pondasi menggunakan tiang pancang beton *precast spun pile* diameter 600mm kelas C. Penentuan dimensi tiang pancang mempertimbangkan kemungkinan penyusunan konfigurasi tiang dan juga daya dukung tiang.

b. Menentukan kedalaman tiang pancang

$Q_{\text{allowable}}$ bahan tiang diketahui 229.5 ton, dan nilai $\frac{1}{2} Q_{\text{allowable}}$ bahan adalah 114.75 ton. Sehingga dipakai kedalaman tiang pada 26 meter dengan Q_{ijin} tanah sebesar 129.78 ton. Adapun nilai daya dukung tanah yang diketahui pada kedalaman 26 meter sebagai berikut :

$$\begin{aligned} Q_{\text{ultimate}} \text{ tanah} &= 389350 \text{ kg} \\ \Sigma R_{\text{si}} &= 137090 \text{ kg} \end{aligned}$$

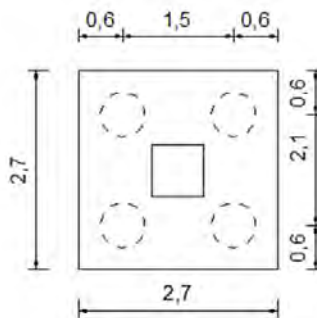
c. Menentukan gaya reaksi yang bekerja diperletakan

Gaya reaksi perletakan yang terdapat pada *joint* 30615 akibat kombinasi pembebanan $1D + 1L + 1Ex + 0.3Ey$ bernilai sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_z &= 469332.28 \text{ kg} = 469.33 \text{ ton} \\ M_x &= 34442.09 \text{ kg} = 34.44 \text{ ton} \\ M_y &= 89572.45 \text{ kg} = 89.57 \text{ ton} \end{aligned}$$

d. Jumlah tiang pancang rencana dan konfigurasinya

Pada contoh perhitungan kali ini direncanakan jumlah tiang (n) = 4 buah, dengan jarak antar tiang (s) = $2.5D$ dan jarak tiang terluar ke tepi *pilecap* = D . Konfigurasi tiang pancang untuk $n = 4$ dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Konfigurasi Tiang Pancang

e. Hitung P_{\max} dan P_{\min} satu tiang

Setelah mengetahui gaya-gaya reaksi diperletakan pada *joint* 30615, maka selanjutnya harus dicari P_{\max} dan P_{\min} yang bekerja pada satu tiang. P_{\max} dan P_{\min} dapat dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 - \quad P_{\max} &= \frac{\sum Fz}{n} + \frac{M_y \cdot X_{\max}}{\sum X_i^2} + \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{\sum Y_i^2} \\
 P_{\max} &= \frac{469.33}{4} + \frac{89.57 \times 0.75}{2.25} + \frac{34.44 \times 0.75}{2.25} \\
 P_{\max} &= 158.671 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \quad P_{\min} &= \frac{\sum Fz}{n} - \frac{M_y \cdot X_{\max}}{\sum X_i^2} - \frac{M_x \cdot Y_{\max}}{\sum Y_i^2} \\
 P_{\min} &= \frac{469.33}{4} - \frac{89.57 \times 0.75}{2.25} - \frac{34.44 \times 0.75}{2.25} \\
 P_{\min} &= 75.994 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Keterangan :

X_{\max} = Jarak terjauh tiang pancang terhadap sumbu x

Y_{\max} = Jarak terjauh tiang pancang terhadap sumbu y

$\sum X_i^2$ = Jumlah dari jarak kuadrat masing-masing tiang terhadap sumbu x

$\sum Y_i^2$ = Jumlah dari jarak kuadrat masing-masing tiang terhadap sumbu y

f. Menghitung efisiensi tiang pancang grup

Effisiensi tiang pancang dalam grup didapatkan berdasarkan perumusan Seiler Keeney dari persamaan dibawah ini :

$$\begin{aligned}
 Ef &= \left[1 - \frac{36S}{(75s^2 - 7)} \times \left(\frac{m + n - 2}{m + n - 1} \right) \right] + \frac{0,3}{m + n} \\
 &= \left[1 - \frac{36 \times 1.5}{(75 \times 1.5^2 - 7)} \times \left(\frac{2 + 2 - 2}{2 + 2 - 1} \right) \right] + \frac{0,3}{2 + 2} \\
 &= 0.852
 \end{aligned}$$

Keterangan :

s = Jarak antar tiang pancang

m = Jumlah baris dalam konfigurasi tiang pancang

n = Jumlah kolom dalam konfigurasi tiang pancang

g. Menentukan P_{ijin} tekan dan P_{ijin} tarik satu tiang group

Setelah didapatkan daya dukung tanah *ultimate* pada perhitungan sebelumnya, maka selanjutnya perlu ditentukan P_{ijin} satu tiang yang berguna sebagai batasan dari P_{max} dan P_{min} satu tiang yang terjadi.

$$\begin{aligned} - P_{ijin} \text{ tekan} &= Q_{ultimate} / SF \\ &= 389.35 / 2 \\ &= 194.67 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - P_{ijin} \text{ tarik} &= \Sigma R_{si} / SF \\ &= 137.09 / 2 \\ &= 68.54 \text{ ton} \end{aligned}$$

Selanjutnya perlu ditentukan P_{ijin} satu tiang dalam grup. Nilai efisiensi yang telah didapatkan dari perhitungan sebelumnya menjadi faktor pengali terhadap P_{ijin} tekan dan P_{ijin} tarik.

$$\begin{aligned} - P_{ijin} \text{ tekan grup} &= P_{ijin} \text{ tekan} \times \text{Efisiensi} \\ &= 389.35 \times 0.852 \\ &= 165.947 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - P_{ijin} \text{ tarik grup} &= P_{ijin} \text{ tarik} \times \text{Efisiensi} \\ &= 68.54 \times 0.852 \\ &= 58.43 \text{ ton} \end{aligned}$$

Untuk menentukan P_{ijin} terdapat nilai tegangan berlebih yang diijinkan berdasarkan jenis kombinasi beban yang berlaku. Pada contoh perhitungan ini menggunakan kombinasi beban 1D+1L+1E. Berdasarkan Tabel 2.5, nilai tegangan berlebih untuk kombinasi tersebut adalah sebesar 140%. Maka dapat dihitung :

$$\begin{aligned} - P_{ijin} \text{ tekan berlebih} &= P_{ijin} \text{ tekan grup} \times 140\% \\ &= 165.947 \text{ ton} \times 140\% = 232.326 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - P_{ijin} \text{ tarik berlebih} &= P_{ijin} \text{ tarik grup} \times 140\% \\ &= 58.43 \text{ ton} \times 140\% = 81.802 \text{ ton} \end{aligned}$$

h. Kontrol P_{\max} dan P_{\min} satu tiang

Gaya aksial maksimum dan minimum yang terjadi pada satu tiang harus dikontrol agar tidak melebihi batas ijinnya. Contoh perhitungan kontrol gaya aksial yang terjadi pada satu tiang adalah sebagai berikut :

- Kontrol P_{\max}

$$P_{\max} \text{ satu tiang} < P_{\text{ijin}} \text{ tekan berlebihan}$$

$$158.671 \text{ ton} < 232.326 \text{ ton} \text{ ..(OK)}$$

Jika nilai P_{\min} satu tiang tidak bernilai negatif, maka tidak perlu dikontrol terhadap P_{ijin} tarik. Karena, ketika P_{\min} tidak bernilai negatif, maka tiang tidak mengalami tarik dan malah mengalami tekan. Nilai P_{\min} yang bernilai positif sudah pasti bernilai lebih kecil dari pada P_{\max} . Berdasarkan kontrol P_{\max} diatas, maka dapat disimpulkan bahwa konfigurasi tiang sebanyak 4 buah dapat digunakan pada *joint* 30615.

Berdasarkan contoh perhitungan diatas maka bisa didapatkan kebutuhan pondasi untuk seluruh titik perencanaan. Jumlah pondasi untuk masing-masing kondisi perencanaan dapat dilihat pada Tabel 5.3. Kondisi 1 direncanakan menggunakan tiang pancang diameter 1000 mm, Kondisi 2 dengan tiang pancang diameter 800 mm, sedangkan Kondisi 3 dan Kondisi 4 menggunakan tiang pancang diameter 600 mm.

Tabel 5.3 Kebutuhan Jumlah Pondasi Tiang Pancang untuk Setiap Kondisi Perencanaan

Titik Perencanaan	KONDISI 1	KONDISI 2	KONDISI 3	KONDISI 4
30615	4	4	4	4
30616	4	4	4	6
30617	4	4	4	6
30618	4	4	4	6
30619	4	4	4	6

Tabel 5.3 Kebutuhan Jumlah Pondasi Tiang Pancang untuk Setiap Kondisi Perencanaan (lanjutan)

Titik Perencanaan	KONDISI 1	KONDISI 2	KONDISI 3	KONDISI 4
30620	4	4	4	4
30621	4	4	4	4
30622	4	4	4	6
30623	4	4	4	6
30624	4	4	4	6
30625	4	4	4	6
30626	4	4	4	4
30627	4	4	4	4
30628	4	4	4	6
30629	4	4	4	6
30630	4	4	4	6
30631	4	4	4	6
30634	4	4	4	4
30635	4	4	4	4
30638	4	4	4	6
30639	4	4	4	6
30640	4	4	4	6
30641	4	4	4	6
30642	4	4	4	4
30643	4	4	4	4
30644	4	4	4	6
30645	4	4	4	6
30646	4	4	4	6
30647	4	4	4	6
30648	4	4	4	4

Tabel 5.3 Kebutuhan Jumlah Pondasi Tiang Pancang untuk Setiap Kondisi Perencanaan (lanjutan)

Titik Perencanaan	KONDISI 1	KONDISI 2	KONDISI 3	KONDISI 4
30649	4	4	4	4
30650	4	4	4	6
30651	4	4	4	6
30652	4	4	4	6
30653	4	4	4	6
30654	4	4	4	4
30655	4	4	4	4
30656	4	4	4	6
30657	4	4	4	6
30658	4	4	4	6
30659	4	4	4	6
30660	4	4	4	4
30661	4	4	4	4
30662	4	4	4	6
30663	4	4	4	6
30664	4	4	4	6
30665	4	4	4	6
30666	4	4	4	4
JUMLAH	192	192	192	256

Berdasarkan Tabel 5.3 dapat diketahui bahwa Kondisi 1 sangat boros karena dengan jumlah tiang yang sama dengan Kondisi 2 dan 3 namun harus menggunakan tiang diameter 1000 mm. Sedangkan Kondisi 4, kondisi dimana tidak memperhitungkan beban gempa, membutuhkan jumlah tiang pancang lebih banyak.

5.4 Konfigurasi Pondasi Tiang Pancang

Berdasarkan perhitungan kebutuhan pondasi tiap *joint* yang direncanakan, maka didapatkan beberapa jenis *pilecap*. Tipe *pilecap* yang ada berdasarkan kebutuhan jumlah tiang pancang yang direncanakan dan dapat dilihat pada Tabel 5.4. Gambar tipe *pilecap* dan juga konfigurasi pondasi untuk seluruh bangunan dapat dilihat pada Lampiran 5.

Tabel 5.4 Tipe Pile Cap

Tipe Pile cap	Diameter Tiang (mm)	Jumlah Tiang	Konfigurasi		Dimensi	
			n(kolom)	m(baris)	x(meter)	y(meter)
Tipe 1	600	4	2	2	2.7	2.7
Tipe 2	600	6	2	3	2.7	4.2
Tipe 3	800	4	2	2	3.6	3.6
Tipe 4	800	8	4	2	7.6	3.6
Tipe 5	1000	4	2	2	4.5	4.5
Tipe 6	1000	8	4	2	9.5	4.5

5.5 Kontrol Ketahanan Tiang Terhadap Gaya Horizontal

Setelah direncanakan untuk dapat menahan gaya-gaya reaksi diperletakan, pondasi tiang pancang juga perlu dikontrol terhadap gaya horizontal. Defleksi dan momen yang terjadi pada tiang pancang tidak boleh melebihi batasan yang telah ditentukan. Berikut adalah contoh perhitungan kontrol tiang terhadap gaya horizontal :

- *Pile cap* yang dikontrol adalah *pile cap* tipe 1 pada perencanaan Kondisi 3.
- Diketahui nilai reaksi horizontal terbesar diperletakan pada Kondisi 3 sebagai berikut :
 $F_x = 32869.92 \text{ kg}$
 $F_y = 33210.38 \text{ kg}$
 Karena nilai F_y adalah yang terbesar maka dalam kontrol selanjutnya akan digunakan nilai F_y .
- Menentukan kondisi *pile cap* yang direncanakan berdasarkan Gambar 2.4. Pada penulisan tugas akhir ini termasuk kedalam kasus 2.

- Mencari harga f
 Harga f didapatkan dari grafik NAVFAC DM-7 yang telah tercantum pada Gambar 2.4. Nilai f ditentukan berdasarkan nilai *relative density* (Dr).
 Dr di permukaan tanah = 25% (korelasi data N_{SPT})
 Didapatkan nilai $f = 6 \text{ ton/ft}^3 = 0.192 \text{ kg/cm}^3$

- Menentukan nilai T

$$T = \left(\frac{E \times I}{f} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$T = \left(\frac{364060.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 510508.81 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^4}}{0.192} \right)^{\frac{1}{5}}$$

$$T = 249.56 \text{ cm}$$

- Menentukan nilai F_δ dan F_M
 Untuk menentukan nilai F_δ dan F_M dapat digunakan grafik NAVFAC DM-7 yang tercantum pada Gambar 2.6.
 Nilai F_δ dan F_M didapatkan berdasarkan nilai L/T , dimana L adalah panjang sebuah tiang yang digunakan.
 $L/T = 26 / 249.56 = 10.418 \approx 10$
 Didapatkan dari Gambar 2.6 : $F_\delta = 0.865$
 $F_M = -0.9$

- Menentukan nilai defleksi (δ_p) pada tiang
 Defleksi terbesar yang terjadi pada tiang berada di bagian paling atas tiang. Besarnya defleksi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\delta_p = F_\delta \left(\frac{PT^3}{EI} \right)$$

$$\delta p = 0.865 \left(\frac{8302.6 \text{ kg} \times 249.56^3 \text{ cm}}{364060.4 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \times 510508.81 \text{ cm}^4} \right)$$

$$\delta p = 0.6 \text{ cm} < 2.54 \text{ cm} \text{ ..(OK)}$$

Keterangan :

P : F_y/n

n : Jumlah tiang dalam satu grup

T : Faktor kekakuan relatif

E : Modulus elastisitas tiang

I : Momen Inersia dari potongan melintang tiang

$\delta_p < 1$ ich (2.54 cm)

- Menentukan nilai momen (M_p) pada tiang
Momen terbesar yang terjadi pada tiang berada di bagian paling atas tiang.. Besarnya momen yang terjadi dapat dihitung sebagai berikut :

$$M_p = F_m \cdot P \cdot T$$

$$M_p = -0.9 \times 8302.59 \times 249.56$$

$$M_p = -1864797 \text{ kg.cm} = -18.65 \text{ ton.m}$$

$$M_p < M_{\text{crack}} \text{ bahan}$$

$$18.65 \text{ ton.m} < 29 \text{ ton.m} \text{ .. (OK)}$$

Keterangan :

P : F_y / n

T : Faktor kekakuan relatif

$M_p < M_{\text{crack}} \text{ bahan}$

Hasil kontrol untuk tipe *pilecap* lainnya dapat dilihat pada Tabel 5.5.

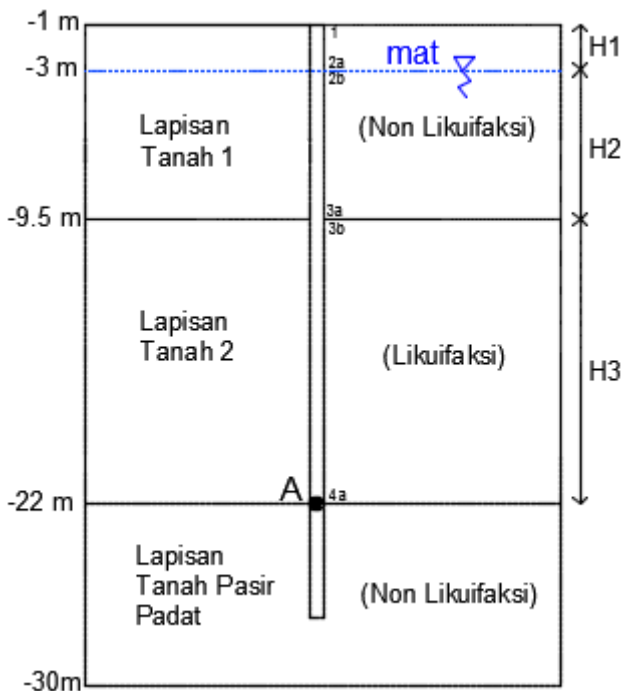
Tabel 5.5 Kontrol Tiang Pancang Terhadap Gaya Lateral

Tipe Pilecap	Diameter Tiang (mm)	Kontrol Defleksi		Kontrol Momen	
		Defleksi (cm)	Keterangan	M_p (ton.m)	Keterangan
Tipe 1	600	0.65	OK	-18.65	OK
Tipe 2	600	0.11	OK	-3.32	OK
Tipe 3	800	0.29	OK	-17.53	OK
Tipe 4	800	0.29	OK	-17.53	OK
Tipe 5	1000	0.30	OK	-27.54	OK
Tipe 6	1000	0.30	OK	-27.54	OK

5.6 Kontrol Material Tiang Terhadap Likuifaksi

Pada saat tanah mengalami likuifaksi, maka tanah pada lapisan tersebut akan kehilangan tegangan antar partikel akibat dari meningkatnya tekanan air pori. Lapisan tanah yang terjadi likuifaksi bersifat seperti cairan dan mengalami pergerakan horizontal. Tidak hanya itu, tanah tersebut akan menyebabkan pergerakan horizontal pada seluruh lapisan tanah di atasnya. Maka dari itu pada penulisan tugas akhir ini perlu dilakukan kontrol terhadap momen yang terjadi pada tiang saat likuifaksi.

Pada lapisan tanah likuifaksi hanya menerima 30% dari tegangan *overburden* total (Bhattacharya dalam *Japanese Road Association*, 2003). Sketsa kondisi lapisan tanah saat kondisi likuifaksi dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5.5 Sketsa Potongan Lapisan Tanah

Titik A merupakan zona perbatasan antara lapisan likufaksi dan non likuifaksi. Pada titik tersebut merupakan letak momen terbesar akibat pergerakan horizontal tanah saat likuifaksi. Berikut adalah perhitungan momen pada titik A :

- Diketahui data tanah sebagai berikut :
 - γ lapisan 1 = 1.574 ton/m³
 - γ lapisan 2 = 1.333 ton/m³
 - \emptyset (°) lapisan 1 = 27.108
 - \emptyset (°) lapisan 2 = 26.550
- Mencari nilai tegangan tanah vertikal (σ_v) di tiap titik tinjau yang terdapat pada Gambar 5.5, yaitu pada posisi 1, 2a, 2b, 3a, 3b dan 4a. Berikut contoh perhitungan nilai σ_v pada titik 2a :
 - $\sigma_v = \gamma \times h$
 - $\sigma_v = 1.574 \text{ t/m}^3 \times 2 \text{ m}$
 - $\sigma_v = 3.094 \text{ t/m}^2$
 Berdasarkan cara yang sama maka didapatkan σ_v seperti pada Tabel 5.6.

Tabel 5.6 Nilai σ_v

σ_{v1}	0	t/m ²
σ_{v2a}	3.094	t/m ²
σ_{v2b}	3.094	t/m ²
σ_{v3a}	6.6495	t/m ²
σ_{v3b}	1.99485	t/m ²
σ_{v4a}	3.2436	t/m ²

- Mencari nilai K_{pe}
 K_{pe} adalah nilai koefisien tanah pasif saat kondisi gempa. Berikut adalah contoh perhitungan K_{pe} pada salah satu lapisan tanah :

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(\emptyset - \theta + \beta)}{\cos\theta \cos^2\beta \cos(\delta - \beta + \theta)} * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(\emptyset + \delta) \sin(\emptyset - \theta + i)}{\cos(\delta - \theta + \beta) \cos(i - \beta)}} \right)^{-2}$$

$$K_{PE} = \frac{\cos^2(27.35 - 27.35 + 0)}{\cos 27.35 \cos^2 0 \cos(18.23 - 0 + 27.35)} * \left(1 + \sqrt{\frac{\sin(27.35 + 18.23) \sin(27.35 - 27.35 + 0)}{\cos(18.23 - 27.35 + 0) \cos(0 - 0)}} \right)^{-2}$$

$$K_{PE} = 1.61$$

Keterangan :

\emptyset = sudut geser dalam tanah = 27.35°

$\theta = \tan^{-1}(kh/1-kv)$, (dianggap K_h kritis maka $\theta = \emptyset$)

kh = koefisien percepatan horizontal = PGA/g

kv = koefisien percepatan vertikal

δ = sudut geser antara tanah dan tiang pancang
 $= 2/3 \emptyset = 18.23^\circ$

i = kemiringan tanah disamping tiang = 0°

β = Kemiringan tiang terhadap sumbu vertikal

Berdasarkan cara diatas maka didapatkan nilai K_{pe} untuk tiap lapisan tanah seperti pada Tabel 5.7.

Tabel 5.7 Nilai K_{PE}

Tanah	\emptyset	K_{pe}
Lapisan Tanah 1	27.108	1.594
Lapisan Tanah 2	26.550	1.561

- Mencari nilai tegangan tanah horizontal (σ_h) di 2a di tiap titik tinjau yang terdapat pada Gambar 5.5, yaitu pada posisi 1, 2a, 2b, 3a, 3b dan 4a. Berikut contoh perhitungan nilai σ_v pada titik 2a :

$$\sigma_h = \sigma_v \times K_{PE}$$

$$\sigma_h = 3.094 \text{ t/m}^2 \times 1.594$$

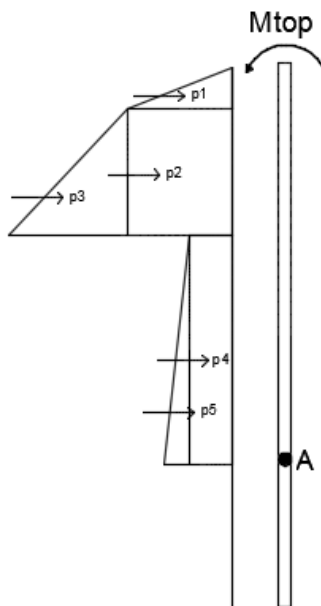
$$\sigma_h = 4.93 \text{ t/m}^2$$

Berdasarkan cara yang sama maka didapatkan nilai σ_h seperti pada Tabel 5.8.

Tabel 5.8 Tegangan Horizontal Tanah Pada Tiap Titik Tinjau

σ_{h1}	0	t/m ²
σ_{h2a}	4.93	t/m ²
σ_{h2b}	4.93	t/m ²
σ_{h3a}	10.60	t/m ²
σ_{h3b}	1.99	t/m ²
σ_{h4a}	3.24	t/m ²

- Menghitung gaya horizontal tanah
Berdasarkan nilai tegangan horizontal tanah pada Tabel 5.8, maka dapat digambar sketsa grafik tegangan horizontal tanah yang bekerja pada tiang seperti pada Gambar 5.6.



Gambar 5.6 Grafik Tegangan Tanah Horizontal Pada Tiang Saat Likuifaksi

Untuk menentukan gaya horizontal akibat tegangan tanah horizontal dapat dilakukan dengan cara menghitung luasan grafik tegangan tanah horizontal. Sebagai contoh perhitungan gaya p_1 adalah sebagai berikut :

$$P_1 = \frac{1}{2} \times \sigma_{h2a} \times H_1 \times D$$

$$P_1 = \frac{1}{2} \times 4.93 \text{ t/m}^2 \times 2 \text{ m} \times 0.8 \text{ m}$$

$$P_1 = 3.945 \text{ ton}$$

Keterangan :

D = diameter tiang

Setelah dilakukan perhitungan untuk seluruh gaya horizontal yang bekerja pada tiang, maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 5.9.

Tabel 5.9 Gaya Horizontal yang Terjadi Pada Tiang Saat Likuifaksi

p1	3.945	ton
p2	25.646	ton
p3	14.735	ton
p4	19.949	ton
p5	6.244	ton

- Menghitung momen di titik A

Momen di titik A dihitung berdasarkan gaya-gaya yang bekerja dan juga M_{top} yang berada di bagian atas tiang. M_{top} adalah tahanan terhadap rotasi yang terdapat pada *pile cap*. Berdasarkan perhitungan didapatkan momen sebagai berikut :

$$M_A = 299.8 \text{ ton.m} > M_{ULTIMATE} = 117 \text{ ton.m}$$

Nilai $M_A > M_{ULTIMATE}$ tiang, maka tiang pancang D800 tidak aman terhadap likuifaksi yang terjadi dan tidak dapat digunakan. Maka untuk perencanaan pondasi pada kondisi 2, kondisi likuifaksi, menggunakan *bored pile*.

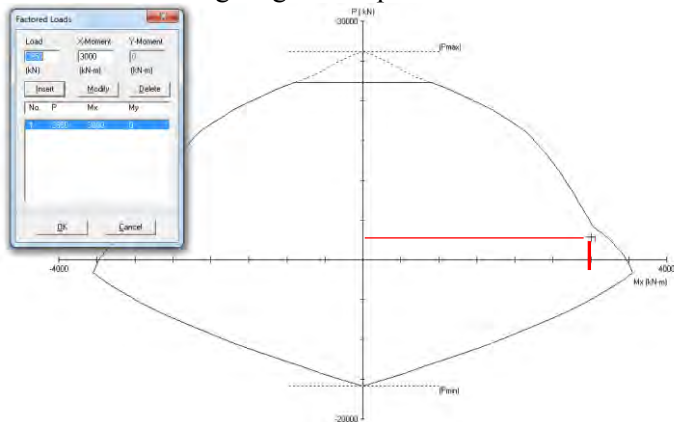
5.7 Perencanaan Pondasi Bored Pile

Pondasi *bored pile* direncanakan berdasarkan kebutuhan dari gaya dan momen yang akan di terima pada satu tiang. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka diperoleh data sebagai berikut :

- P_{max} satu tiang = 258.4 ton
- M_A = 299.8 ton.m

Berdasarkan nilai P_{max} dan M_A maka dapat direncanakan *bored pile* dengan menggunakan program bantu *pcaColumn*. Direncanakan *bored pile* dengan data sebagai berikut :

- Diameter = 800 mm
- Tebal selimut = 40 mm
- Mutu beton = 50 MPa
- Dimensi tulangan = #32 (32mm)
- Jumlah tulangan = 43 buah
- Dimensi sengkang = #10 (10mm)
- Jenis sengkang = spiral



Gambar 5.7 Hasil Output *pcaColumn*

Hasil perencanaan *bored pile* dapat dilihat pada Gambar 5.7. Berdasarkan Gambar 5.7 maka dapat disimpulkan bahwa *bored pile* yang direncanakan dapat menerima gaya dan momen yang ada.

5.8 Perencanaan Pilecap

Pilecap harus direncanakan agar tahan terhadap gaya geser akibat kolom maupun akibat tiang dan juga dapat menahan momen lentur pada penampang kritis. Perencanaan *pilecap* dilakukan terhadap seluruh jenis *pilecap* yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut adalah contoh perhitungan *pile cap* :

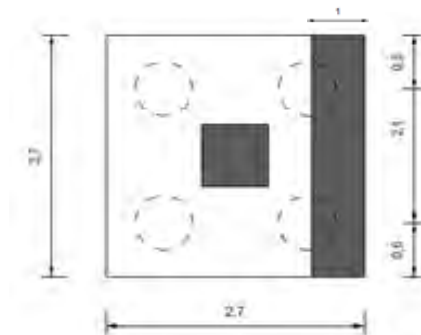
Tipe pilecap = Tipe 1
 $F_z = P_u = 687.88 \text{ ton}$
 Dimensi kolom = 700 mm x 700 mm
 Diameter tiang = 600 mm
 Jumlah tiang (n) = 4 buah
 $f'_c = 40 \text{ MPa}$
 $f_y = 400 \text{ MPa}$
 Diameter tulangan rencana (D) = 25 mm

5.8.1 Kontrol geser ponds

5.8.1.1 Kontrol geser ponds akibat kolom

- a. Geser satu arah

Daerah kritis geser satu arah terdapat pada Gambar 5.8.



Gambar 5.8 Bidang Kritis untuk Geser Satu Arah

$$\begin{aligned}
 \text{Tebal pilecap direncanakan} &= 800 \text{ mm} \\
 \text{Pu, tiang} &= 214.662 \text{ ton} \\
 (\text{Pu tiang diperoleh dari perhitungan kebutuhan pondasi}) \\
 d &= 800 \text{ mm} - 75 \text{ mm} - 25 \text{ mm} = 700 \text{ mm} \\
 \text{Pu reduksi} &= a/D \times \text{Pu tiang} \\
 &= 250/600 \times 214.662 \text{ ton} \\
 &= 89.44 \text{ ton} \\
 \text{Vu} &= 2 \times \text{Pu reduksi} - (1.2 \times 0.55 \times 2.7 \times 1 \times 2.4) \\
 &= 2 \times 89.44 - 4.277 \\
 &= 174.61 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Kapasitas geser

$$\begin{aligned}
 \phi V_c &= 0.75 \times \sqrt{f'_c} \times b_o \times d \\
 &= 0.75 \times \sqrt{40} \times 2700 \times 700 \\
 &= 8965057.16 \text{ N} \\
 &= 896.51 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Kontrol :

$$Vu < \phi V_c \rightarrow 174.61 \text{ ton} < 896.51 \text{ ton} \text{ .. (OK)}$$

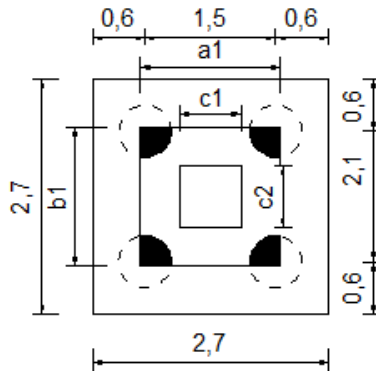
Tebal pilecap yang direncanakan dapat dipakai.

Keterangan :

- Pu = nilai Fz dari kolom
- D = diameter tiang pancang
- d = tinggi efektif pilecap
- Wn = berat pilecap
- a = jarak pusat tiang pancang ke D/2 dari d/2
- b_o = lebar pile cap

b. Geser dua arah

Daerah kritis untuk geser dua arah dapat dilihat pada Gambar 5.9.



Gambar 5.9 Bidang Kritis untuk Geser Dua Arah

Tebal *pile cap* direncanakan = 800 mm

$$a1 = c1 + d = 700 + 700 = 1400 \text{ mm} = 1.4 \text{ m}$$

$$b1 = c2 + d = 700 + 700 = 1400 \text{ mm} = 1.4 \text{ m}$$

$$U = 2 \times (a1 + a2) = 5600 \text{ mm} = 5.6 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \text{luas tiang daerah kritis} / \text{luas total tiang} \\ &= 0.412 \text{ m}^2 / 1.13 \text{ m}^2 \\ &= 0.364 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u \text{ punch} &= P_u + W_u - P_{\text{tiang daerah kritis}} \\ &= 687.88 + (1.2 \times 1.4 \times 1.4 \times 0.8 \times 2.4) \\ &\quad - 4 \times 0.364 \times 214.662 \\ &= 379.553 \text{ ton} \end{aligned}$$

Kapasitas geser dipilih dari nilai yang terkecil.

$$\begin{aligned} V_c &= 0.17x \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) x \lambda_2 x \sqrt{f'c} x U x d \\ &= 0.17x \left(1 + \frac{2}{1} \right) x 1 x \sqrt{40} x 5600 x 700 \\ &= 12644051 \text{ N} = 1264.405 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_c &= 0.083x \left(\frac{\alpha_s x d}{U} + 2 \right) x \lambda_2 x \sqrt{f'c} x U x d \\ &= 0.083x \left(\frac{20 \times 700}{5600} + 2 \right) x 1 x \sqrt{40} x 5600 x 700 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 9259907 \text{ N} = 925.99 \text{ ton} \\
 V_c &= 0.33 \times \lambda_2 \times \sqrt{f'_c} \times U \times d \\
 &= 0.33 \times \lambda_2 \times \sqrt{40} \times 5600 \times 700 \\
 &= 8264085.62 \text{ N} = 826.41 \text{ ton (menentukan)}
 \end{aligned}$$

Kontrol

$P_u, \text{ punch} < V_c$

$379.553 \text{ ton} < 826.41 \text{ ton} \dots (\text{OK})$

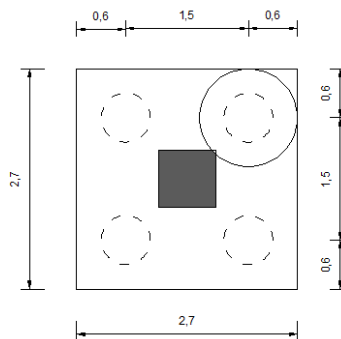
Tebal *pile cap* yang direncanakan dapat dipakai.

Keterangan :

- c_1 dan c_2 = dimensi kolom
- U = keliling bidang kritis
- λ_1 = proporsi bagian tiang yang masuk ke daerah kritis. (hitung dengan *Autocad*)
- λ_2 = faktor jenis beton
- β = ratio sisi terpanjang dan sisi terpendek kolom
- α_s = 20

5.8.1.2 Kontrol geser akibat tiang pancang

Daerah kritis untuk geser ponds akibat tiang pancang dapat dilihat pada Gambar 5.10.



Gambar 5.10 Bidang Kritis untuk Geser Ponds Akibat Tiang Pancang

Pu tiang = 214.662 ton

U = 3.77 m

Tegangan geser *ultimate* yang terjadi :

$$\tau_u = \frac{Pu \text{ tiang}}{U \times d}$$

$$\tau_u = \frac{214.662 \times 10^4 \text{ ton}}{3770 \times 700}$$

$$\tau_u = 0.8134 \text{ MPa}$$

Keterangan :

U = keliling daerah kritis geser akibat tiang
(diperoleh dengan Autocad)

Kapasitas tegangan geser :

$$\tau_c = 0.33 \times \lambda_2 \times \sqrt{f'c}$$

$$= 0.33 \times 1 \times \sqrt{40}$$

$$= 2.1 \text{ MPa}$$

Kontrol :

$$\tau_u < \tau_c$$

$$0.8134 \text{ MPa} < 2.1 \text{ MPa} \dots (\text{OK})$$

5.8.1.3 Hasil perhitungan geser ponds

Hasil kontrol geser ponds untuk seluruh jenis pilecap yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 5.10.

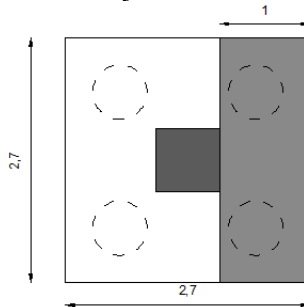
Tabel 5.10 Hasil Kontrol Geser Ponds

Tipe Pilecap	Geser Ponds Akibat Kolom (ton)						Geser Ponds Akibat Tiang Pancang (ton)		
	Geser satu arah			Geser Dua arah					
	Vu	ØVc	Kontrol	Pu, punch	Vc	Kontrol	τu	τc	Kontrol
Tipe 1	174.61	896.51	OK	379.55	0.08	OK	0.813	2.11	OK
Tipe 2	104.66	1394.56	OK	481.92	826.41	OK	0.397	2.11	OK
Tipe 3	376.18	1195.34	OK	693.02	826.41	OK	1.836	2.11	OK
Tipe 4	693.31	2523.50	OK	585.44	826.41	OK	0.680	2.11	OK
Tipe 5	375.41	1494.18	OK	692.40	826.41	OK	0.449	2.11	OK
Tipe 6	750.82	3154.37	OK	685.00	826.41	OK	0.449	2.11	OK

5.8.2 Perencanaan tulangan pilecap

Penampang kritis untuk perencanaan penulangan lentur terdapat di daerah muka kolom. Area penampang kritis dalam penulangan lentur dapat dilihat pada Gambar 5.11.

Penulangan lentur *pile cap* direncanakan untuk dua arah. Untuk perhitungan kebutuhan tulangan lentur harus dihitung terhadap masing-masing arah. Karena pada contoh perhitungan kali ini bentuk *pile cap* simetris maka perhitungan tulangan dilakukan untuk satu arah saja.



Gambar 5.11 Penampang Kritis Penulangan Lentur

Berikut adalah contoh perhitungan perencanaan penulangan untuk arah X dan Y :

$$\begin{aligned}
 - M_u &= n \times P_u \text{ tiang} \times X - W_u \times X \\
 &= 2 \times 214.662 \times 0.4 - (1.2 \times 1 \times 2.7 \times 0.8 \times 2.4) \times 0.5 \\
 &= 167.84 \text{ ton.m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - R_n &= \frac{M_u}{\phi b d^2} \\
 &= \frac{167.84 \times 10^7}{0.9 \times 2700 \times 700^2} \\
 &= 1.41 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - m &= \frac{f_y}{0.85 f'c} \\
 &= \frac{400}{0.85 \times 40} \\
 &= 11.764
 \end{aligned}$$

$$- \rho = \frac{1}{m} - \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{11.764} - \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 11.764 \times 1.41}{400}}\right)$$

$$= 0.0036$$

$$\begin{aligned} - \rho_{\min} &= \frac{\sqrt{f'c}}{4 f_y} = \frac{\sqrt{40}}{4(400)} = 0.00395 (\text{menentukan}) \\ &= \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{400} = 0.0035 \end{aligned}$$

$\rho_{\min} > \rho$, maka ρ pakai = $\rho_{\min} = 0.00395$.

$$\begin{aligned} - \text{As perlu} &= \rho b d \\ &= 0.00395 \times 2700 \text{ mm} \times 700 \text{ mm} \\ &= 7470.881 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{As pakai} &= n \times \text{Luas tulangan} \\ &= 16 \times 3.14 \times 12.5^2 \\ &= 7853.982 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$- \text{As pakai} > \text{As perlu} \rightarrow 7853.9 \text{ mm}^2 > 7470.8 \text{ mm}^2$$

$$\begin{aligned} - \text{Jarak Pemasangan (s)} &= (b - 2 \times 75) / (n-1) \\ &= (2700 - 2 \times 75) / (16-1) \\ &= 170 \text{ mm} \approx 150 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka penulangan arah X dan arah Y untuk *pile cap* jenis 1 dipakai 16D25-150. Kebutuhan tulangan untuk semua jenis *pile cap* yang direncanakan dapat dilihat pada Tabel 5.11.

Tabel 5.11 Penulangan Pile Cap

Tipe Pilecap	Kebutuhan Tulangan arah X	Kebutuhan Tulangan arah Y
Tipe 1	16D25 - 150	16D25 - 150
Tipe 2	24D25 - 150	20D25 - 100
Tipe 3	28D25 - 100	28D25 - 100
Tipe 4	61D36 - 50	54D25 - 100
Tipe 5	28D25 - 150	28D25 - 150
Tipe 6	63D25 - 50	55D25 - 150

5.9 Perencanaan Biaya Kebutuhan Tiang Pancang

Pada penulisan tugas akhir ini, perencanaan biaya dilakukan hanya terhadap harga kebutuhan bahan dari tiang pancang dan tidak meninjau faktor-faktor pengaruh harga lainnya. Harga tiang pancang ditentukan berdasarkan informasi yang diperoleh dari sebuah proyek di lapangan. Harga untuk sebuah tiang pancang dan harga untuk seluruh kebutuhan tiang pancang pada masing-masing kondisi perencanaan dapat dilihat pada Tabel 5.12 dan Tabel 5.13.

Tabel 5.12 Harga Satu Tiang Pancang untuk $L = 26$ m

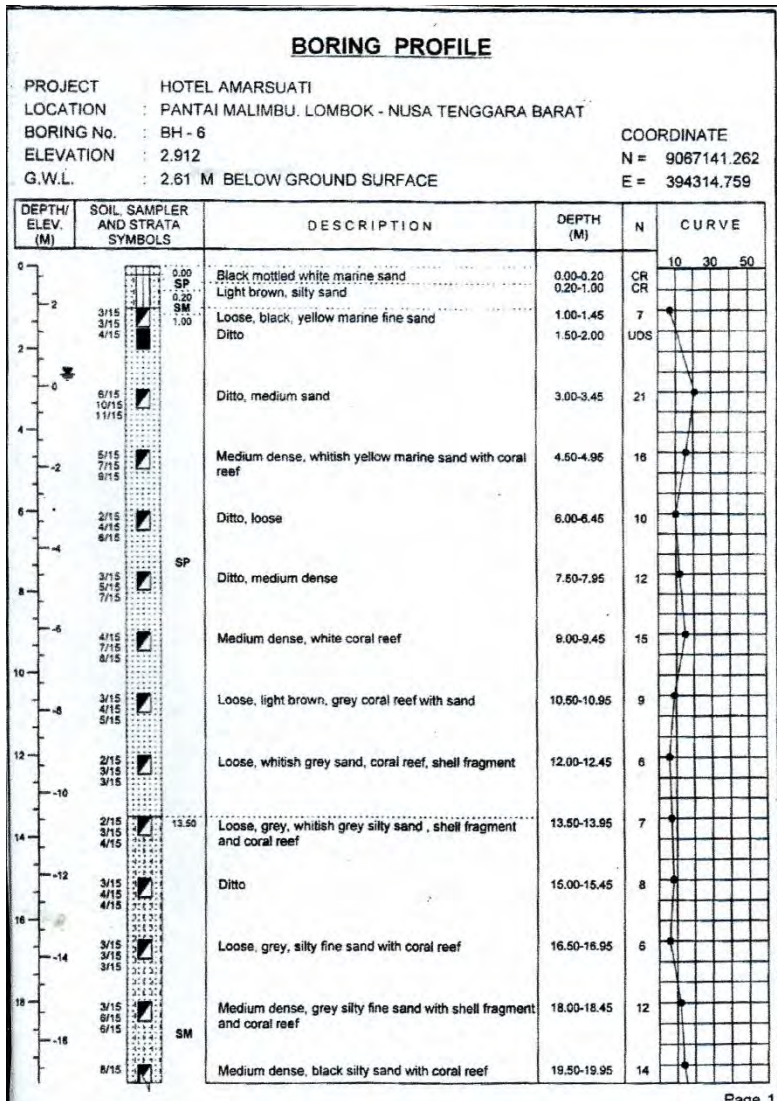
Jenis Tiang	Dimensi	Harga per m'	Harga per tiang
Precast Spun Pile	D600	Rp750,000	Rp19,500,000
Bored Pile	D800	Rp3,991,430	Rp103,777,180
Precast Spun Pile	D1000	Rp1,250,000	Rp32,500,000

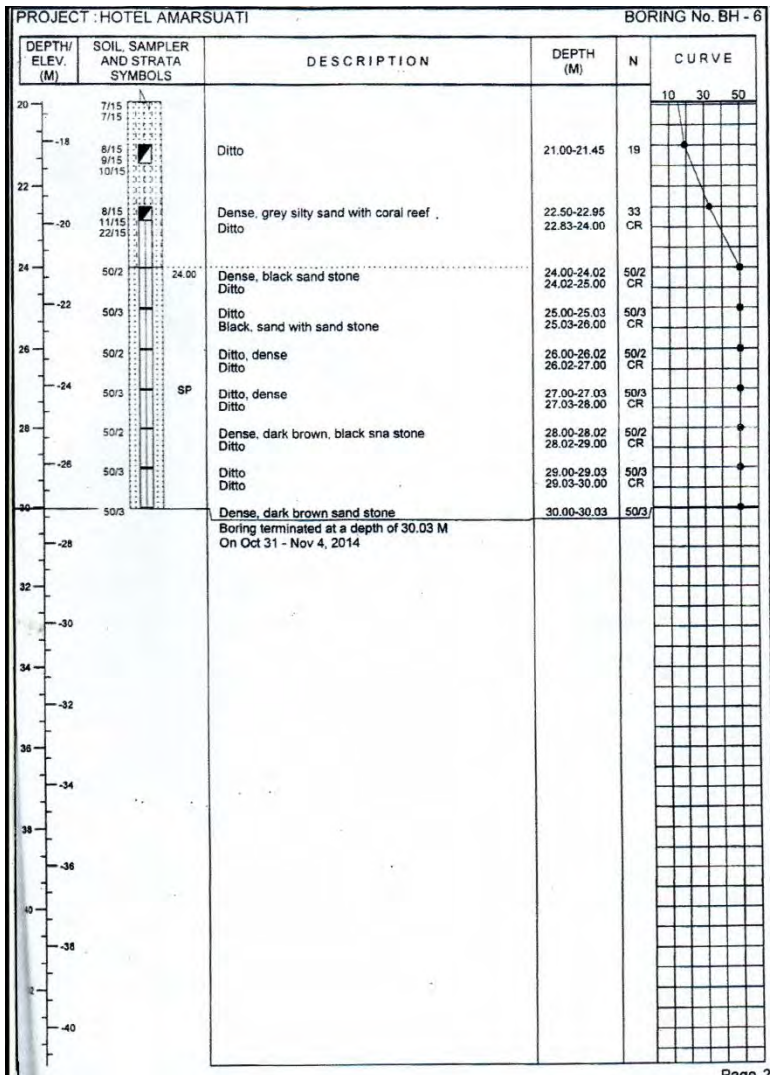
Tabel 5.13 Harga Keseluruhan untuk Kebutuhan Bahan Tiang Pancang di Tiap Kondisi Perencanaan

Kondisi	Jumlah Tiang	Dimensi	Total Harga
Kondisi 1	192	D1000	Rp 6,240,000,000
Kondisi 2	192	D800	Rp 19,925,218,545
Kondisi 3	192	D600	Rp 3,744,000,000
Kondisi 4	256	D600	Rp 4,992,000,000

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 : Data Tanah





LAMPIRAN 2 : *Output* Reaksi Perletakan SAP2000

Reaksi Perletakan Saat Kondisi Non Likuifaksi

Reaksi Perletakan Kondisi Non Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30615	1D	3149.72	3034.13	277075.77	4839.41	-4810.34
30615	1D+1L	3863.8	3678.58	329513.17	5967.63	-5760.93
30615	1D+1L+1Ex+0,3Ey	28716.65	11282.12	469332.28	34442.09	89572.45
30615	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-20989.06	-3924.96	189694.06	-22506.83	-101094.31
30615	1D+1L-1Ex-0,3Ey	28716.65	11282.12	469332.28	34442.09	89572.45
30615	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-20989.06	-3924.96	189694.06	-22506.83	-101094.31
30615	1D+1L+0,3Ex+1Ey	11953.38	26808.86	458572.36	97928.84	23411.16
30615	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-4225.79	-19451.71	200453.98	-85993.57	-34933.02
30615	1D+1L-0,3Ex-1Ey	11953.38	26808.86	458572.36	97928.84	23411.16
30615	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-4225.79	-19451.71	200453.98	-85993.57	-34933.02
30616	1D	-2647.46	5095.13	352732.17	6055.07	4022.1
30616	1D+1L	-3295.58	6475.93	431762.99	7999.36	4842.03
30616	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23964.02	13770.7	557783.78	35461.88	93169.21
30616	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-30555.17	-818.84	305742.21	-19463.15	-83485.15
30616	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23964.02	13770.7	557783.78	35461.88	93169.21
30616	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-30555.17	-818.84	305742.21	-19463.15	-83485.15
30616	1D+1L+0,3Ex+1Ey	5526.9	29573.55	580208.77	98880.97	32207.78
30616	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-12118.05	-16621.69	283317.22	-82882.24	-22523.73
30616	1D+1L-0,3Ex-1Ey	5526.9	29573.55	580208.77	98880.97	32207.78
30616	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-12118.05	-16621.69	283317.22	-82882.24	-22523.73
30617	1D	1397.04	4600.41	363806.01	5989.74	-3740.47
30617	1D+1L	1776.9	5847.12	446925.58	7918.02	-4490.07
30617	1D+1L+1Ex+0,3Ey	29238.81	13464.47	573070.02	35573.49	83914.52
30617	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-25685.02	-1770.23	320781.15	-19737.46	-92894.66
30617	1D+1L-1Ex-0,3Ey	29238.81	13464.47	573070.02	35573.49	83914.52
30617	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-25685.02	-1770.23	320781.15	-19737.46	-92894.66
30617	1D+1L+0,3Ex+1Ey	10574.44	29537.57	591301.24	99448.99	22709.37
30617	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7020.64	-17843.33	302549.92	-83612.96	-31689.52
30617	1D+1L-0,3Ex-1Ey	10574.44	29537.57	591301.24	99448.99	22709.37
30617	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7020.64	-17843.33	302549.92	-83612.96	-31689.52
30618	1D	-242.57	7028.5	450895.91	5926.92	141.86
30618	1D+1L	-289.98	8856.97	557107.19	7866.36	189.79
30618	1D+1L+1Ex+0,3Ey	27202.57	16175.78	604373.72	35486.9	92127.92
30618	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-27782.53	1538.16	509840.66	-19754.18	-91748.35
30618	1D+1L-1Ex-0,3Ey	27202.57	16175.78	604373.72	35486.9	92127.92
30618	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-27782.53	1538.16	509840.66	-19754.18	-91748.35
30618	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8112.97	33210.38	687880.73	99865.38	28210.37
30618	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8692.93	-15496.43	426333.65	-84132.66	-27830.8
30618	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8112.97	33210.38	687880.73	99865.38	28210.37
30618	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8692.93	-15496.43	426333.65	-84132.66	-27830.8

Reaksi Perletakan Kondisi Non Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30619	1D	-135.27	6879.95	447011.62	6001.1	-20.31
30619	1D+1L	-177.55	8639.47	550928.69	7955.25	-21.68
30619	1D+1L+1Ex+0,3Ey	26959.33	16031.21	592096.5	35753.16	91573.17
30619	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-27314.43	1247.73	509760.87	-19842.67	-91616.53
30619	1D+1L-1Ex-0,3Ey	26959.33	16031.21	592096.5	35753.16	91573.17
30619	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-27314.43	1247.73	509760.87	-19842.67	-91616.53
30619	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8132.75	33068.12	683737.07	100402.16	27549.13
30619	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8487.84	-15789.18	418120.31	-84491.66	-27592.48
30619	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8132.75	33068.12	683737.07	100402.16	27549.13
30619	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8487.84	-15789.18	418120.31	-84491.66	-27592.48
30620	1D	-548.44	5762.41	301049.67	5473.62	2219.43
30620	1D+1L	-535.71	7549.08	363096.24	7381.71	2292.97
30620	1D+1L+1Ex+0,3Ey	27059.23	14981.91	475281.51	35182.9	94766.91
30620	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-28130.65	116.26	250910.98	-20419.49	-90180.98
30620	1D+1L-1Ex-0,3Ey	27059.23	14981.91	475281.51	35182.9	94766.91
30620	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-28130.65	116.26	250910.98	-20419.49	-90180.98
30620	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8143.36	32024.97	493989.12	99885.31	30750.82
30620	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-9214.79	-16926.8	232203.36	-85121.9	-26164.89
30620	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8143.36	32024.97	493989.12	99885.31	30750.82
30620	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-9214.79	-16926.8	232203.36	-85121.9	-26164.89
30621	1D	548.44	5762.41	301049.67	5473.62	-2219.43
30621	1D+1L	535.71	7549.08	363096.24	7381.71	-2292.97
30621	1D+1L+1Ex+0,3Ey	28130.65	14981.91	475281.53	35182.91	90180.98
30621	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-27059.23	116.25	250910.96	-20419.5	-94766.91
30621	1D+1L-1Ex-0,3Ey	28130.65	14981.91	475281.53	35182.91	90180.98
30621	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-27059.23	116.25	250910.96	-20419.5	-94766.91
30621	1D+1L+0,3Ex+1Ey	9214.79	32024.97	493989.13	99885.32	26164.9
30621	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8143.37	-16926.8	232203.36	-85121.91	-30750.83
30621	1D+1L-0,3Ex-1Ey	9214.79	32024.97	493989.13	99885.32	26164.9
30621	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8143.37	-16926.8	232203.36	-85121.91	-30750.83
30622	1D	135.27	6879.95	447011.62	6001.1	20.31
30622	1D+1L	177.55	8639.47	550928.69	7955.25	21.68
30622	1D+1L+1Ex+0,3Ey	27314.43	16031.21	592096.54	35753.15	91616.53
30622	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-26959.33	1247.73	509760.84	-19842.65	-91573.17
30622	1D+1L-1Ex-0,3Ey	27314.43	16031.21	592096.54	35753.15	91616.53
30622	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-26959.33	1247.73	509760.84	-19842.65	-91573.17
30622	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8487.85	33068.12	683737.07	100402.15	27592.48
30622	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8132.75	-15789.18	418120.3	-84491.66	-27549.13
30622	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8487.85	33068.12	683737.07	100402.15	27592.48
30622	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8132.75	-15789.18	418120.3	-84491.66	-27549.13

Reaksi Perletakan Kondisi Non Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30623	1D	242.57	7028.5	450895.91	5926.92	-141.86
30623	1D+1L	289.98	8856.97	557107.19	7866.36	-189.79
30623	1D+1L+1Ex+0,3Ey	27782.53	16175.78	604373.72	35486.89	91748.35
30623	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-27202.57	1538.16	509840.66	-19754.17	-92127.92
30623	1D+1L-1Ex-0,3Ey	27782.53	16175.78	604373.72	35486.89	91748.35
30623	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-27202.57	1538.16	509840.66	-19754.17	-92127.92
30623	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8692.92	33210.38	687880.72	99865.37	27830.79
30623	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8112.96	-15496.43	426333.65	-84132.66	-28210.36
30623	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8692.92	33210.38	687880.72	99865.37	27830.79
30623	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8112.96	-15496.43	426333.65	-84132.66	-28210.36
30624	1D	-1397.04	4600.41	363806.01	5989.74	3740.47
30624	1D+1L	-1776.9	5847.12	446925.58	7918.02	4490.07
30624	1D+1L+1Ex+0,3Ey	25685.02	13464.46	573070.02	35573.48	92894.67
30624	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-29238.81	-1770.23	320781.15	-19737.45	-83914.52
30624	1D+1L-1Ex-0,3Ey	25685.02	13464.46	573070.02	35573.48	92894.67
30624	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-29238.81	-1770.23	320781.15	-19737.45	-83914.52
30624	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7020.64	29537.57	591301.23	99448.99	31689.51
30624	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-10574.43	-17843.33	302549.93	-83612.95	-22709.36
30624	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7020.64	29537.57	591301.23	99448.99	31689.51
30624	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-10574.43	-17843.33	302549.93	-83612.95	-22709.36
30625	1D	2647.46	5095.13	352732.17	6055.07	-4022.1
30625	1D+1L	3295.58	6475.93	431762.99	7999.36	-4842.03
30625	1D+1L+1Ex+0,3Ey	30555.17	13770.71	557783.78	35461.88	83485.15
30625	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23964.02	-818.85	305742.21	-19463.15	-93169.21
30625	1D+1L-1Ex-0,3Ey	30555.17	13770.71	557783.78	35461.88	83485.15
30625	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23964.02	-818.85	305742.21	-19463.15	-93169.21
30625	1D+1L+0,3Ex+1Ey	12118.05	29573.55	580208.76	98880.97	22523.72
30625	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-5526.89	-16621.69	283317.23	-82882.24	-32207.78
30625	1D+1L-0,3Ex-1Ey	12118.05	29573.55	580208.76	98880.97	22523.72
30625	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-5526.89	-16621.69	283317.23	-82882.24	-32207.78
30626	1D	-3149.72	3034.13	277075.77	4839.41	4810.34
30626	1D+1L	-3863.8	3678.58	329513.17	5967.63	5760.93
30626	1D+1L+1Ex+0,3Ey	20989.06	11282.11	469332.28	34442.09	101094.32
30626	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-28716.65	-3924.96	189694.06	-22506.82	-89572.46
30626	1D+1L-1Ex-0,3Ey	20989.06	11282.11	469332.28	34442.09	101094.32
30626	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-28716.65	-3924.96	189694.06	-22506.82	-89572.46
30626	1D+1L+0,3Ex+1Ey	4225.79	26808.86	458572.35	97928.83	34933.02
30626	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-11953.38	-19451.71	200453.99	-85993.57	-23411.16
30626	1D+1L-0,3Ex-1Ey	4225.79	26808.86	458572.35	97928.83	34933.02
30626	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-11953.38	-19451.71	200453.99	-85993.57	-23411.16

Reaksi Perletakan Kondisi Non Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30627	1D	5362.84	-1670.31	318514.54	-1680.79	-4967.22
30627	1D+1L	6855.77	-2103.81	382531.81	-1989.07	-6538.42
30627	1D+1L+1Ex+0,3Ey	31534.61	5982.59	518006.79	23862.94	85152.9
30627	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-17823.08	-10190.2	247056.84	-27841.09	-98229.75
30627	1D+1L-1Ex-0,3Ey	31534.61	5982.59	518006.79	23862.94	85152.9
30627	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-17823.08	-10190.2	247056.84	-27841.09	-98229.75
30627	1D+1L+0,3Ex+1Ey	14450.97	23083.23	458308.21	84170.21	21177.53
30627	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-739.43	-27290.84	306755.42	-88148.35	-34254.38
30627	1D+1L-0,3Ex-1Ey	14450.97	23083.23	458308.21	84170.21	21177.53
30627	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-739.43	-27290.84	306755.42	-88148.35	-34254.38
30628	1D	-4929.96	-3467.28	392112.02	-2670.56	3818.24
30628	1D+1L	-6331.87	-4433.2	489516.18	-3241.81	4995.6
30628	1D+1L+1Ex+0,3Ey	20206.18	3368.12	583835.06	21815.06	87357.59
30628	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-32869.92	-12234.52	395197.29	-28298.67	-77366.4
30628	1D+1L-1Ex-0,3Ey	20206.18	3368.12	583835.06	21815.06	87357.59
30628	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-32869.92	-12234.52	395197.29	-28298.67	-77366.4
30628	1D+1L+0,3Ex+1Ey	1665.77	21281.91	557264.91	80259.47	29838.02
30628	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-14329.52	-30148.31	421767.44	-86743.08	-19846.83
30628	1D+1L-0,3Ex-1Ey	1665.77	21281.91	557264.91	80259.47	29838.02
30628	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-14329.52	-30148.31	421767.44	-86743.08	-19846.83
30629	1D	2571.44	-3542.92	405973.37	-2784.64	-3642.08
30629	1D+1L	3427.96	-4551.18	509149.39	-3394.04	-4762.75
30629	1D+1L+1Ex+0,3Ey	30057.25	3525.22	603585.66	21867.75	77754.05
30629	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23201.33	-12627.58	414713.11	-28655.83	-87279.55
30629	1D+1L-1Ex-0,3Ey	30057.25	3525.22	603585.66	21867.75	77754.05
30629	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23201.33	-12627.58	414713.11	-28655.83	-87279.55
30629	1D+1L+0,3Ex+1Ey	11550.57	21957.14	576187	80749.87	20095.94
30629	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-4694.65	-31059.5	442111.77	-87537.95	-29621.44
30629	1D+1L-0,3Ex-1Ey	11550.57	21957.14	576187	80749.87	20095.94
30629	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-4694.65	-31059.5	442111.77	-87537.95	-29621.44
30630	1D	-324.78	-4012.32	495346.63	-2038.43	28.69
30630	1D+1L	-401.54	-5114.63	625491.22	-2390.38	54.85
30630	1D+1L+1Ex+0,3Ey	26075.88	2918.89	650015.13	22969.3	85875.2
30630	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-26878.97	-13148.15	600967.31	-27750.06	-85765.5
30630	1D+1L-1Ex-0,3Ey	26075.88	2918.89	650015.13	22969.3	85875.2
30630	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-26878.97	-13148.15	600967.31	-27750.06	-85765.5
30630	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7564.66	21642.75	671455.18	82121.27	25860.5
30630	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8367.75	-31872.02	579527.26	-86902.04	-25750.79
30630	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7564.66	21642.75	671455.18	82121.27	25860.5
30630	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8367.75	-31872.02	579527.26	-86902.04	-25750.79

Reaksi Perletakan Kondisi Non Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30631	1D	-116.36	-4056.3	491955.63	-2076.38	-26.36
30631	1D+1L	-181.27	-5172.46	618817.94	-2443.98	-24.67
30631	1D+1L+1Ex+0,3Ey	25923.32	2880.28	636115.72	23032.15	85609.39
30631	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-26285.86	-13225.19	601520.16	-27920.11	-85658.72
30631	1D+1L-1Ex-0,3Ey	25923.32	2880.28	636115.72	23032.15	85609.39
30631	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-26285.86	-13225.19	601520.16	-27920.11	-85658.72
30631	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7701.73	21659.8	663934.89	82472.48	25712.33
30631	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8064.27	-32004.71	573700.99	-87360.44	-25761.67
30631	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7701.73	21659.8	663934.89	82472.48	25712.33
30631	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8064.27	-32004.71	573700.99	-87360.44	-25761.67
30634	1D	-764.02	-3408.48	354587.92	-1241.95	1497.86
30634	1D+1L	-776.67	-4536.78	433425.86	-1597.99	1555.55
30634	1D+1L+1Ex+0,3Ey	25692.96	3563.54	531332.9	23960.12	87813.68
30634	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-27246.3	-12637.09	335518.82	-27156.09	-84702.59
30634	1D+1L-1Ex-0,3Ey	25692.96	3563.54	531332.9	23960.12	87813.68
30634	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-27246.3	-12637.09	335518.82	-27156.09	-84702.59
30634	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7259.57	22388.43	501415.96	83546.83	27615.56
30634	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8812.9	-31461.98	365435.76	-86742.8	-24504.47
30634	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7259.57	22388.43	501415.96	83546.83	27615.56
30634	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8812.9	-31461.98	365435.76	-86742.8	-24504.47
30635	1D	764.02	-3408.48	354587.92	-1241.95	-1497.86
30635	1D+1L	776.67	-4536.78	433425.86	-1597.99	-1555.55
30635	1D+1L+1Ex+0,3Ey	27246.3	3563.53	531332.92	23960.1	84702.59
30635	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-25692.97	-12637.09	335518.8	-27156.08	-87813.68
30635	1D+1L-1Ex-0,3Ey	27246.3	3563.53	531332.92	23960.1	84702.59
30635	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-25692.97	-12637.09	335518.8	-27156.08	-87813.68
30635	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8812.91	22388.43	501415.97	83546.83	24504.47
30635	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7259.58	-31461.98	365435.75	-86742.8	-27615.57
30635	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8812.91	22388.43	501415.97	83546.83	24504.47
30635	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7259.58	-31461.98	365435.75	-86742.8	-27615.57
30638	1D	116.36	-4056.3	491955.63	-2076.38	26.36
30638	1D+1L	181.27	-5172.46	618817.94	-2443.98	24.67
30638	1D+1L+1Ex+0,3Ey	26285.86	2880.27	636115.72	23032.14	85658.73
30638	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-25923.32	-13225.18	601520.16	-27920.1	-85609.39
30638	1D+1L-1Ex-0,3Ey	26285.86	2880.27	636115.72	23032.14	85658.73
30638	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-25923.32	-13225.18	601520.16	-27920.1	-85609.39
30638	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8064.28	21659.8	663934.9	82472.47	25761.67
30638	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7701.74	-32004.71	573700.99	-87360.43	-25712.33
30638	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8064.28	21659.8	663934.9	82472.47	25761.67
30638	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7701.74	-32004.71	573700.99	-87360.43	-25712.33

Reaksi Perletakan Kondisi Non Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30639	1D	324.78	-4012.32	495346.63	-2038.43	-28.69
30639	1D+1L	401.54	-5114.63	625491.22	-2390.38	-54.85
30639	1D+1L+1Ex+0,3Ey	26878.97	2918.88	650015.12	22969.28	85765.5
30639	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-26075.88	-13148.14	600967.32	-27750.05	-85875.2
30639	1D+1L-1Ex-0,3Ey	26878.97	2918.88	650015.12	22969.28	85765.5
30639	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-26075.88	-13148.14	600967.32	-27750.05	-85875.2
30639	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8367.75	21642.75	671455.17	82121.27	25750.79
30639	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7564.66	-31872.01	579527.27	-86902.03	-25860.49
30639	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8367.75	21642.75	671455.17	82121.27	25750.79
30639	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7564.66	-31872.01	579527.27	-86902.03	-25860.49
30640	1D	-2571.44	-3542.92	405973.37	-2784.64	3642.08
30640	1D+1L	-3427.96	-4551.18	509149.39	-3394.04	4762.75
30640	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23201.33	3525.22	603585.67	21867.76	87279.55
30640	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-30057.25	-12627.59	414713.11	-28655.84	-77754.05
30640	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23201.33	3525.22	603585.67	21867.76	87279.55
30640	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-30057.25	-12627.59	414713.11	-28655.84	-77754.05
30640	1D+1L+0,3Ex+1Ey	4694.66	21957.14	576187	80749.87	29621.44
30640	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-11550.57	-31059.51	442111.78	-87537.95	-20095.94
30640	1D+1L-0,3Ex-1Ey	4694.66	21957.14	576187	80749.87	29621.44
30640	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-11550.57	-31059.51	442111.78	-87537.95	-20095.94
30641	1D	4929.96	-3467.28	392112.02	-2670.56	-3818.24
30641	1D+1L	6331.87	-4433.2	489516.18	-3241.81	-4995.6
30641	1D+1L+1Ex+0,3Ey	32869.92	3368.11	583835.06	21815.06	77366.4
30641	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-20206.18	-12234.51	395197.29	-28298.67	-87357.59
30641	1D+1L-1Ex-0,3Ey	32869.92	3368.11	583835.06	21815.06	77366.4
30641	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-20206.18	-12234.51	395197.29	-28298.67	-87357.59
30641	1D+1L+0,3Ex+1Ey	14329.52	21281.91	557264.9	80259.47	19846.82
30641	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-1665.77	-30148.31	421767.45	-86743.08	-29838.01
30641	1D+1L-0,3Ex-1Ey	14329.52	21281.91	557264.9	80259.47	19846.82
30641	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-1665.77	-30148.31	421767.45	-86743.08	-29838.01
30642	1D	-5362.84	-1670.31	318514.54	-1680.79	4967.22
30642	1D+1L	-6855.77	-2103.81	382531.81	-1989.07	6538.42
30642	1D+1L+1Ex+0,3Ey	17823.07	5982.6	518006.79	23862.94	98229.74
30642	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-31534.61	-10190.21	247056.84	-27841.08	-85152.89
30642	1D+1L-1Ex-0,3Ey	17823.07	5982.6	518006.79	23862.94	98229.74
30642	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-31534.61	-10190.21	247056.84	-27841.08	-85152.89
30642	1D+1L+0,3Ex+1Ey	739.43	23083.23	458308.2	84170.2	34254.37
30642	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-14450.96	-27290.84	306755.42	-88148.35	-21177.52
30642	1D+1L-0,3Ex-1Ey	739.43	23083.23	458308.2	84170.2	34254.37
30642	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-14450.96	-27290.84	306755.42	-88148.35	-21177.52

Reaksi Perletakan Kondisi Non Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30643	1D	5362.84	1670.31	318514.54	1680.79	-4967.22
30643	1D+1L	6855.77	2103.81	382531.81	1989.07	-6538.42
30643	1D+1L+1Ex+0,3Ey	31534.61	10190.21	518006.79	27841.08	85152.9
30643	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-17823.07	-5982.6	247056.83	-23862.94	-98229.74
30643	1D+1L-1Ex-0,3Ey	31534.61	10190.21	518006.79	27841.08	85152.9
30643	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-17823.07	-5982.6	247056.83	-23862.94	-98229.74
30643	1D+1L+0,3Ex+1Ey	14450.96	27290.84	458308.2	88148.35	21177.53
30643	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-739.43	-23083.23	306755.42	-84170.2	-34254.37
30643	1D+1L-0,3Ex-1Ey	14450.96	27290.84	458308.2	88148.35	21177.53
30643	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-739.43	-23083.23	306755.42	-84170.2	-34254.37
30644	1D	-4929.96	3467.28	392112.02	2670.56	3818.24
30644	1D+1L	-6331.87	4433.2	489516.18	3241.81	4995.6
30644	1D+1L+1Ex+0,3Ey	20206.18	12234.51	583835.06	28298.68	87357.59
30644	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-32869.92	-3368.11	395197.3	-21815.06	-77366.4
30644	1D+1L-1Ex-0,3Ey	20206.18	12234.51	583835.06	28298.68	87357.59
30644	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-32869.92	-3368.11	395197.3	-21815.06	-77366.4
30644	1D+1L+0,3Ex+1Ey	1665.77	30148.31	557264.9	86743.08	29838.01
30644	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-14329.52	-21281.91	421767.46	-80259.47	-19846.82
30644	1D+1L-0,3Ex-1Ey	1665.77	30148.31	557264.9	86743.08	29838.01
30644	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-14329.52	-21281.91	421767.46	-80259.47	-19846.82
30645	1D	2571.44	3542.92	405973.37	2784.64	-3642.08
30645	1D+1L	3427.96	4551.18	509149.39	3394.04	-4762.75
30645	1D+1L+1Ex+0,3Ey	30057.25	12627.59	603585.66	28655.84	77754.05
30645	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23201.33	-3525.23	414713.11	-21867.76	-87279.55
30645	1D+1L-1Ex-0,3Ey	30057.25	12627.59	603585.66	28655.84	77754.05
30645	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23201.33	-3525.23	414713.11	-21867.76	-87279.55
30645	1D+1L+0,3Ex+1Ey	11550.58	31059.51	576186.99	87537.95	20095.94
30645	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-4694.66	-21957.14	442111.78	-80749.87	-29621.44
30645	1D+1L-0,3Ex-1Ey	11550.58	31059.51	576186.99	87537.95	20095.94
30645	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-4694.66	-21957.14	442111.78	-80749.87	-29621.44
30646	1D	-324.78	4012.32	495346.63	2038.43	28.69
30646	1D+1L	-401.54	5114.63	625491.22	2390.38	54.85
30646	1D+1L+1Ex+0,3Ey	26075.88	13148.14	650015.11	27750.05	85875.2
30646	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-26878.97	-2918.88	600967.33	-22969.28	-85765.5
30646	1D+1L-1Ex-0,3Ey	26075.88	13148.14	650015.11	27750.05	85875.2
30646	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-26878.97	-2918.88	600967.33	-22969.28	-85765.5
30646	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7564.66	31872.01	671455.17	86902.03	25860.49
30646	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8367.75	-21642.75	579527.27	-82121.27	-25750.79
30646	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7564.66	31872.01	671455.17	86902.03	25860.49
30646	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8367.75	-21642.75	579527.27	-82121.27	-25750.79

Reaksi Perletakan Kondisi Non Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30647	1D	-116.36	4056.3	491955.63	2076.38	-26.36
30647	1D+1L	-181.27	5172.46	618817.94	2443.98	-24.67
30647	1D+1L+1Ex+0,3Ey	25923.32	13225.19	636115.72	27920.11	85609.39
30647	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-26285.86	-2880.27	601520.17	-23032.15	-85658.73
30647	1D+1L-1Ex-0,3Ey	25923.32	13225.19	636115.72	27920.11	85609.39
30647	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-26285.86	-2880.27	601520.17	-23032.15	-85658.73
30647	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7701.74	32004.71	663934.9	87360.43	25712.33
30647	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8064.28	-21659.8	573700.98	-82472.48	-25761.67
30647	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7701.74	32004.71	663934.9	87360.43	25712.33
30647	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8064.28	-21659.8	573700.98	-82472.48	-25761.67
30648	1D	-764.02	3408.48	354587.92	1241.95	-1497.86
30648	1D+1L	-776.67	4536.78	433425.86	1597.99	-1555.55
30648	1D+1L+1Ex+0,3Ey	25692.97	12637.09	531332.9	27156.08	87813.68
30648	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-27246.3	-3563.53	335518.82	-23960.11	-84702.59
30648	1D+1L-1Ex-0,3Ey	25692.97	12637.09	531332.9	27156.08	87813.68
30648	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-27246.3	-3563.53	335518.82	-23960.11	-84702.59
30648	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7259.58	31461.98	501415.97	86742.8	27615.57
30648	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8812.91	-22388.43	365435.75	-83546.83	-24504.47
30648	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7259.58	31461.98	501415.97	86742.8	27615.57
30648	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8812.91	-22388.43	365435.75	-83546.83	-24504.47
30649	1D	764.02	3408.48	354587.92	1241.95	-1497.86
30649	1D+1L	776.67	4536.78	433425.86	1597.99	-1555.55
30649	1D+1L+1Ex+0,3Ey	27246.3	12637.1	531332.91	27156.09	84702.59
30649	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-25692.96	-3563.54	335518.81	-23960.12	-87813.68
30649	1D+1L-1Ex-0,3Ey	27246.3	12637.1	531332.91	27156.09	84702.59
30649	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-25692.96	-3563.54	335518.81	-23960.12	-87813.68
30649	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8812.9	31461.98	501415.97	86742.81	24504.47
30649	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7259.57	-22388.43	365435.75	-83546.83	-27615.56
30649	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8812.9	31461.98	501415.97	86742.81	24504.47
30649	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7259.57	-22388.43	365435.75	-83546.83	-27615.56
30650	1D	116.36	4056.3	491955.63	2076.38	26.36
30650	1D+1L	181.27	5172.46	618817.94	2443.98	24.67
30650	1D+1L+1Ex+0,3Ey	26285.86	13225.2	636115.73	27920.11	85658.72
30650	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-25923.32	-2880.28	601520.16	-23032.15	-85609.39
30650	1D+1L-1Ex-0,3Ey	26285.86	13225.2	636115.73	27920.11	85658.72
30650	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-25923.32	-2880.28	601520.16	-23032.15	-85609.39
30650	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8064.27	32004.72	663934.9	87360.44	25761.66
30650	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7701.73	-21659.8	573700.98	-82472.48	-25712.33
30650	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8064.27	32004.72	663934.9	87360.44	25761.66
30650	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7701.73	-21659.8	573700.98	-82472.48	-25712.33

Reaksi Perletakan Kondisi Non Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30651	1D	324.78	4012.32	495346.63	2038.43	-28.69
30651	1D+1L	401.54	5114.63	625491.22	2390.38	-54.85
30651	1D+1L+1Ex+0,3Ey	26878.97	13148.15	650015.12	27750.06	85765.5
30651	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-26075.88	-2918.89	600967.32	-22969.3	-85875.2
30651	1D+1L-1Ex-0,3Ey	26878.97	13148.15	650015.12	27750.06	85765.5
30651	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-26075.88	-2918.89	600967.32	-22969.3	-85875.2
30651	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8367.75	31872.02	671455.18	86902.03	25750.79
30651	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7564.66	-21642.75	579527.26	-82121.27	-25860.5
30651	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8367.75	31872.02	671455.18	86902.03	25750.79
30651	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7564.66	-21642.75	579527.26	-82121.27	-25860.5
30652	1D	-2571.44	3542.92	405973.37	2784.64	3642.08
30652	1D+1L	-3427.96	4551.18	509149.39	3394.04	4762.75
30652	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23201.33	12627.58	603585.66	28655.83	87279.55
30652	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-30057.25	-3525.22	414713.11	-21867.75	-77754.05
30652	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23201.33	12627.58	603585.66	28655.83	87279.55
30652	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-30057.25	-3525.22	414713.11	-21867.75	-77754.05
30652	1D+1L+0,3Ex+1Ey	4694.65	31059.5	576187	87537.95	29621.44
30652	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-11550.57	-21957.14	442111.78	-80749.87	-20095.94
30652	1D+1L-0,3Ex-1Ey	4694.65	31059.5	576187	87537.95	29621.44
30652	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-11550.57	-21957.14	442111.78	-80749.87	-20095.94
30653	1D	4929.96	3467.28	392112.02	2670.56	-3818.24
30653	1D+1L	6331.87	4433.2	489516.18	3241.81	-4995.6
30653	1D+1L+1Ex+0,3Ey	32869.92	12234.52	583835.06	28298.67	77366.4
30653	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-20206.18	-3368.12	395197.29	-21815.06	-87357.59
30653	1D+1L-1Ex-0,3Ey	32869.92	12234.52	583835.06	28298.67	77366.4
30653	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-20206.18	-3368.12	395197.29	-21815.06	-87357.59
30653	1D+1L+0,3Ex+1Ey	14329.52	30148.31	557264.9	86743.08	19846.83
30653	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-1665.77	-21281.91	421767.45	-80259.47	-29838.02
30653	1D+1L-0,3Ex-1Ey	14329.52	30148.31	557264.9	86743.08	19846.83
30653	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-1665.77	-21281.91	421767.45	-80259.47	-29838.02
30654	1D	-5362.84	1670.31	318514.54	1680.79	4967.22
30654	1D+1L	-6855.77	2103.81	382531.81	1989.07	6538.42
30654	1D+1L+1Ex+0,3Ey	17823.07	10190.21	518006.79	27841.09	98229.74
30654	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-31534.61	-5982.59	247056.83	-23862.94	-85152.9
30654	1D+1L-1Ex-0,3Ey	17823.07	10190.21	518006.79	27841.09	98229.74
30654	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-31534.61	-5982.59	247056.83	-23862.94	-85152.9
30654	1D+1L+0,3Ex+1Ey	739.43	27290.84	458308.2	88148.35	34254.38
30654	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-14450.97	-23083.23	306755.42	-84170.2	-21177.54
30654	1D+1L-0,3Ex-1Ey	739.43	27290.84	458308.2	88148.35	34254.38
30654	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-14450.97	-23083.23	306755.42	-84170.2	-21177.54

Reaksi Perletakan Kondisi Non Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30655	1D	3149.72	-3034.13	277075.77	-4839.41	-4810.34
30655	1D+1L	3863.8	-3678.58	329513.17	-5967.63	-5760.93
30655	1D+1L+1Ex+0,3Ey	28716.65	3924.96	469332.3	22506.82	89572.46
30655	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-20989.06	-11282.11	189694.04	-34442.09	-101094.32
30655	1D+1L-1Ex-0,3Ey	28716.65	3924.96	469332.3	22506.82	89572.46
30655	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-20989.06	-11282.11	189694.04	-34442.09	-101094.32
30655	1D+1L+0,3Ex+1Ey	11953.38	19451.71	458572.37	85993.57	23411.16
30655	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-4225.79	-26808.86	200453.97	-97928.84	-34933.02
30655	1D+1L-0,3Ex-1Ey	11953.38	19451.71	458572.37	85993.57	23411.16
30655	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-4225.79	-26808.86	200453.97	-97928.84	-34933.02
30656	1D	-2647.46	-5095.13	352732.17	-6055.07	4022.1
30656	1D+1L	-3295.58	-6475.93	431762.99	-7999.36	4842.03
30656	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23964.02	818.85	557783.78	19463.16	93169.21
30656	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-30555.17	-13770.71	305742.21	-35461.89	-83485.15
30656	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23964.02	818.85	557783.78	19463.16	93169.21
30656	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-30555.17	-13770.71	305742.21	-35461.89	-83485.15
30656	1D+1L+0,3Ex+1Ey	5526.89	16621.69	580208.76	82882.24	32207.77
30656	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-12118.05	-29573.55	283317.23	-98880.97	-22523.72
30656	1D+1L-0,3Ex-1Ey	5526.89	16621.69	580208.76	82882.24	32207.77
30656	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-12118.05	-29573.55	283317.23	-98880.97	-22523.72
30657	1D	1397.04	-4600.41	363806.01	-5989.74	-3740.47
30657	1D+1L	1776.9	-5847.12	446925.58	-7918.02	-4490.07
30657	1D+1L+1Ex+0,3Ey	29238.81	1770.22	573070.01	19737.44	83914.52
30657	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-25685.01	-13464.46	320781.15	-35573.48	-92894.67
30657	1D+1L-1Ex-0,3Ey	29238.81	1770.22	573070.01	19737.44	83914.52
30657	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-25685.01	-13464.46	320781.15	-35573.48	-92894.67
30657	1D+1L+0,3Ex+1Ey	10574.43	17843.33	591301.23	83612.96	22709.36
30657	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7020.64	-29537.57	302549.93	-99448.99	-31689.51
30657	1D+1L-0,3Ex-1Ey	10574.43	17843.33	591301.23	83612.96	22709.36
30657	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7020.64	-29537.57	302549.93	-99448.99	-31689.51
30658	1D	-242.57	-7028.5	450895.91	-5926.92	141.86
30658	1D+1L	-289.98	-8856.97	557107.19	-7866.36	189.79
30658	1D+1L+1Ex+0,3Ey	27202.57	-1538.16	604373.68	19754.17	92127.92
30658	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-27782.53	-16175.78	509840.69	-35486.89	-91748.35
30658	1D+1L-1Ex-0,3Ey	27202.57	-1538.16	604373.68	19754.17	92127.92
30658	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-27782.53	-16175.78	509840.69	-35486.89	-91748.35
30658	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8112.96	15496.43	687880.72	84132.66	28210.36
30658	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8692.92	-33210.38	426333.66	-99865.37	-27830.79
30658	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8112.96	15496.43	687880.72	84132.66	28210.36
30658	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8692.92	-33210.38	426333.66	-99865.37	-27830.79

Reaksi Perletakan Kondisi Non Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30659	1D	-135.27	-6879.95	447011.62	-6001.1	-20.31
30659	1D+1L	-177.55	-8639.47	550928.69	-7955.25	-21.68
30659	1D+1L+1Ex+0,3Ey	26959.33	-1247.73	592096.47	19842.65	91573.17
30659	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-27314.43	-16031.21	509760.9	-35753.15	-91616.53
30659	1D+1L-1Ex-0,3Ey	26959.33	-1247.73	592096.47	19842.65	91573.17
30659	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-27314.43	-16031.21	509760.9	-35753.15	-91616.53
30659	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8132.75	15789.18	683737.07	84491.66	27549.13
30659	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8487.85	-33068.12	418120.3	-100402.15	-27592.48
30659	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8132.75	15789.18	683737.07	84491.66	27549.13
30659	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8487.85	-33068.12	418120.3	-100402.15	-27592.48
30660	1D	-548.44	-5762.41	301049.67	-5473.62	2219.43
30660	1D+1L	-535.71	-7549.08	363096.24	-7381.71	2292.97
30660	1D+1L+1Ex+0,3Ey	27059.23	-116.25	475281.49	20419.5	94766.91
30660	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-28130.65	-14981.91	250911	-35182.91	-90180.98
30660	1D+1L-1Ex-0,3Ey	27059.23	-116.25	475281.49	20419.5	94766.91
30660	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-28130.65	-14981.91	250911	-35182.91	-90180.98
30660	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8143.37	16926.8	493989.13	85121.91	30750.83
30660	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-9214.79	-32024.96	232203.36	-99885.32	-26164.9
30660	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8143.37	16926.8	493989.13	85121.91	30750.83
30660	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-9214.79	-32024.96	232203.36	-99885.32	-26164.9
30661	1D	548.44	-5762.41	301049.67	-5473.62	-2219.43
30661	1D+1L	535.71	-7549.08	363096.24	-7381.71	-2292.97
30661	1D+1L+1Ex+0,3Ey	28130.65	-116.26	475281.51	20419.49	90180.98
30661	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-27059.23	-14981.9	250910.98	-35182.9	-94766.91
30661	1D+1L-1Ex-0,3Ey	28130.65	-116.26	475281.51	20419.49	90180.98
30661	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-27059.23	-14981.9	250910.98	-35182.9	-94766.91
30661	1D+1L+0,3Ex+1Ey	9214.78	16926.8	493989.13	85121.9	26164.89
30661	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8143.36	-32024.96	232203.36	-99885.32	-30750.82
30661	1D+1L-0,3Ex-1Ey	9214.78	16926.8	493989.13	85121.9	26164.89
30661	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8143.36	-32024.96	232203.36	-99885.32	-30750.82
30662	1D	135.27	-6879.95	447011.62	-6001.1	20.31
30662	1D+1L	177.55	-8639.47	550928.69	-7955.25	21.68
30662	1D+1L+1Ex+0,3Ey	27314.43	-1247.73	592096.53	19842.67	91616.53
30662	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-26959.33	-16031.21	509760.85	-35753.17	-91573.17
30662	1D+1L-1Ex-0,3Ey	27314.43	-1247.73	592096.53	19842.67	91616.53
30662	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-26959.33	-16031.21	509760.85	-35753.17	-91573.17
30662	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8487.84	15789.18	683737.08	84491.66	27592.48
30662	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8132.75	-33068.12	418120.29	-100402.16	-27549.12
30662	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8487.84	15789.18	683737.08	84491.66	27592.48
30662	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8132.75	-33068.12	418120.29	-100402.16	-27549.12

Reaksi Perletakan Kondisi Non Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30663	1D	242.57	-7028.5	450895.91	-5926.92	-141.86
30663	1D+1L	289.98	-8856.97	557107.19	-7866.36	-189.79
30663	1D+1L+1Ex+0,3Ey	27782.53	-1538.16	604373.73	19754.19	91748.35
30663	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-27202.57	-16175.78	509840.64	-35486.9	-92127.92
30663	1D+1L-1Ex-0,3Ey	27782.53	-1538.16	604373.73	19754.19	91748.35
30663	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-27202.57	-16175.78	509840.64	-35486.9	-92127.92
30663	1D+1L+0,3Ex+1Ey	8692.93	15496.43	687880.73	84132.66	27830.8
30663	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-8112.97	-33210.38	426333.64	-99865.38	-28210.37
30663	1D+1L-0,3Ex-1Ey	8692.93	15496.43	687880.73	84132.66	27830.8
30663	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-8112.97	-33210.38	426333.64	-99865.38	-28210.37
30664	1D	-1397.04	-4600.41	363806.01	-5989.74	3740.47
30664	1D+1L	-1776.9	-5847.12	446925.58	-7918.02	4490.07
30664	1D+1L+1Ex+0,3Ey	25685.02	1770.23	573070.01	19737.46	92894.66
30664	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-29238.81	-13464.47	320781.15	-35573.49	-83914.52
30664	1D+1L-1Ex-0,3Ey	25685.02	1770.23	573070.01	19737.46	92894.66
30664	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-29238.81	-13464.47	320781.15	-35573.49	-83914.52
30664	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7020.64	17843.33	591301.23	83612.96	31689.52
30664	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-10574.44	-29537.57	302549.93	-99448.99	-22709.37
30664	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7020.64	17843.33	591301.23	83612.96	31689.52
30664	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-10574.44	-29537.57	302549.93	-99448.99	-22709.37
30665	1D	2647.46	-5095.13	352732.17	-6055.07	-4022.1
30665	1D+1L	3295.58	-6475.93	431762.99	-7999.36	-4842.03
30665	1D+1L+1Ex+0,3Ey	30555.17	818.84	557783.78	19463.15	83485.15
30665	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23964.02	-13770.7	305742.21	-35461.88	-93169.2
30665	1D+1L-1Ex-0,3Ey	30555.17	818.84	557783.78	19463.15	83485.15
30665	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23964.02	-13770.7	305742.21	-35461.88	-93169.2
30665	1D+1L+0,3Ex+1Ey	12118.05	16621.69	580208.76	82882.24	22523.73
30665	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-5526.9	-29573.55	283317.23	-98880.97	-32207.78
30665	1D+1L-0,3Ex-1Ey	12118.05	16621.69	580208.76	82882.24	22523.73
30665	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-5526.9	-29573.55	283317.23	-98880.97	-32207.78
30666	1D	-3149.72	-3034.13	277075.77	-4839.41	4810.34
30666	1D+1L	-3863.8	-3678.58	329513.17	-5967.63	5760.93
30666	1D+1L+1Ex+0,3Ey	20989.06	3924.96	469332.29	22506.83	101094.31
30666	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-28716.65	-11282.11	189694.06	-34442.09	-89572.45
30666	1D+1L-1Ex-0,3Ey	20989.06	3924.96	469332.29	22506.83	101094.31
30666	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-28716.65	-11282.11	189694.06	-34442.09	-89572.45
30666	1D+1L+0,3Ex+1Ey	4225.79	19451.71	458572.36	85993.57	34933.02
30666	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-11953.38	-26808.86	200453.98	-97928.84	-23411.16
30666	1D+1L-0,3Ex-1Ey	4225.79	19451.71	458572.36	85993.57	34933.02
30666	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-11953.38	-26808.86	200453.98	-97928.84	-23411.16

Reaksi Perletakan Saat Kondisi Likuifaksi

Reaksi Perletakan Kondisi Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30615	1D	92.44	75.6	300471.78	-500.56	624.27
30615	1D+1L	115.78	94.53	358799.84	-625.8	782.77
30615	1D+1L+1Ex+0,3Ey	22701.24	7033.59	519068.41	72503.06	239126.31
30615	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-22469.69	-6844.52	198531.27	-73754.66	-237560.78
30615	1D+1L-1Ex-0,3Ey	22701.24	7033.59	519068.41	72503.06	239126.31
30615	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-22469.69	-6844.52	198531.27	-73754.66	-237560.78
30615	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7014.49	22904.37	524488.15	241086.85	73101.67
30615	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-6782.94	-22715.31	193111.53	-242338.44	-71536.14
30615	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7014.49	22904.37	524488.15	241086.85	73101.67
30615	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-6782.94	-22715.31	193111.53	-242338.44	-71536.14
30616	1D	-9.77	88.02	365434.51	-583.56	-50.63
30616	1D+1L	-7.24	116.79	446674.82	-774.18	-29.83
30616	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23699.78	7120.46	553287.07	72800.14	245670.25
30616	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23714.25	-6886.87	340062.57	-74348.51	-245729.9
30616	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23699.78	7120.46	553287.07	72800.14	245670.25
30616	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23714.25	-6886.87	340062.57	-74348.51	-245729.9
30616	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7132.68	23274.06	614354.08	243220.47	73888.45
30616	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7147.15	-23040.47	278995.56	-244768.84	-73948.11
30616	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7132.68	23274.06	614354.08	243220.47	73888.45
30616	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7147.15	-23040.47	278995.56	-244768.84	-73948.11
30617	1D	76.3	94.98	384802.1	-630.42	513.01
30617	1D+1L	96.17	126.56	472586.89	-839.9	647.3
30617	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23781.58	7109.65	561541.84	72602.08	246210.28
30617	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23589.23	-6856.53	383631.93	-74281.89	-244915.67
30617	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23781.58	7109.65	561541.84	72602.08	246210.28
30617	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23589.23	-6856.53	383631.93	-74281.89	-244915.67
30617	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7221.35	23289.93	637148.77	243214.59	74472.11
30617	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7029	-23036.82	308025	-244894.39	-73177.5
30617	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7221.35	23289.93	637148.77	243214.59	74472.11
30617	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7029	-23036.82	308025	-244894.39	-73177.5
30618	1D	16.45	85.9	447966.09	-571.14	115.89
30618	1D+1L	20.68	115.94	553345.78	-770.69	146.15
30618	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23426.87	7107.62	615921.39	72738.37	243887.78
30618	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23385.52	-6875.74	490770.17	-74279.75	-243595.48
30618	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23426.87	7107.62	615921.39	72738.37	243887.78
30618	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23385.52	-6875.74	490770.17	-74279.75	-243595.48
30618	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7062.98	23411.88	714413.13	244194.63	73426.29
30618	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7021.63	-23180	392278.42	-245736.01	-73133.98
30618	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7062.98	23411.88	714413.13	244194.63	73426.29
30618	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7021.63	-23180	392278.42	-245736.01	-73133.98

Reaksi Perletakan Kondisi Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30619	1D	-32.16	81.73	439402.63	-542.77	-209.06
30619	1D+1L	-42.41	109.71	541004.01	-728.45	-275.55
30619	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23353.86	7113.1	602633.95	72866.38	243399.93
30619	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23438.68	-6893.67	479374.08	-74323.28	-243951.04
30619	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23353.86	7113.1	602633.95	72866.38	243399.93
30619	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23438.68	-6893.67	479374.08	-74323.28	-243951.04
30619	1D+1L+0,3Ex+1Ey	6982.59	23427.24	701373.83	244405.7	72882.33
30619	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7067.41	-23207.81	380634.2	-245862.59	-73433.44
30619	1D+1L-0,3Ex-1Ey	6982.59	23427.24	701373.83	244405.7	72882.33
30619	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7067.41	-23207.81	380634.2	-245862.59	-73433.44
30620	1D	-54.5	97.75	343608.17	-650.27	-358.07
30620	1D+1L	-65	130.54	416793.07	-868.08	-426.98
30620	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23354.49	7147.94	506520.11	72824.88	243397.37
30620	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23484.48	-6886.87	327066.03	-74561.05	-244251.34
30620	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23354.49	7147.94	506520.11	72824.88	243397.37
30620	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23484.48	-6886.87	327066.03	-74561.05	-244251.34
30620	1D+1L+0,3Ex+1Ey	6963.82	23466.25	574935.34	244401.85	72736.13
30620	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7093.81	-23205.17	258650.81	-246138.02	-73590.1
30620	1D+1L-0,3Ex-1Ey	6963.82	23466.25	574935.34	244401.85	72736.13
30620	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7093.81	-23205.17	258650.81	-246138.02	-73590.1
30621	1D	54.5	97.75	343608.17	-650.27	358.07
30621	1D+1L	65	130.54	416793.07	-868.08	426.98
30621	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23484.48	7147.94	506520.11	72824.88	244251.34
30621	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23354.49	-6886.87	327066.04	-74561.05	-243397.37
30621	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23484.48	7147.94	506520.11	72824.88	244251.34
30621	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23354.49	-6886.87	327066.04	-74561.05	-243397.37
30621	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7093.81	23466.25	574935.34	244401.85	73590.1
30621	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-6963.82	-23205.17	258650.81	-246138.02	-72736.13
30621	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7093.81	23466.25	574935.34	244401.85	73590.1
30621	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-6963.82	-23205.17	258650.81	-246138.02	-72736.13
30622	1D	32.16	81.73	439402.63	-542.77	209.06
30622	1D+1L	42.41	109.71	541004.01	-728.45	275.55
30622	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23438.68	7113.1	602633.95	72866.38	243951.04
30622	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23353.86	-6893.67	479374.08	-74323.28	-243399.93
30622	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23438.68	7113.1	602633.95	72866.38	243951.04
30622	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23353.86	-6893.67	479374.08	-74323.28	-243399.93
30622	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7067.41	23427.24	701373.83	244405.7	73433.44
30622	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-6982.59	-23207.81	380634.2	-245862.59	-72882.33
30622	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7067.41	23427.24	701373.83	244405.7	73433.44
30622	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-6982.59	-23207.81	380634.2	-245862.59	-72882.33

Reaksi Perletakan Kondisi Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30623	1D	-16.45	85.9	447966.09	-571.14	-115.89
30623	1D+1L	-20.68	115.94	553345.78	-770.69	-146.15
30623	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23385.52	7107.62	615921.39	72738.37	243595.48
30623	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23426.87	-6875.74	490770.17	-74279.75	-243887.78
30623	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23385.52	7107.62	615921.39	72738.37	243595.48
30623	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23426.87	-6875.74	490770.17	-74279.75	-243887.78
30623	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7021.63	23411.88	714413.13	244194.63	73133.98
30623	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7062.98	-23180	392278.43	-245736.01	-73426.29
30623	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7021.63	23411.88	714413.13	244194.63	73133.98
30623	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7062.98	-23180	392278.43	-245736.01	-73426.29
30624	1D	-76.3	94.98	384802.1	-630.42	-513.01
30624	1D+1L	-96.17	126.56	472586.89	-839.9	-647.3
30624	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23589.23	7109.65	561541.84	72602.08	244915.67
30624	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23781.58	-6856.53	383631.93	-74281.89	-246210.28
30624	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23589.23	7109.65	561541.84	72602.08	244915.67
30624	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23781.58	-6856.53	383631.93	-74281.89	-246210.28
30624	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7029	23289.93	637148.77	243214.59	73177.5
30624	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7221.35	-23036.82	308025	-244894.39	-74472.11
30624	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7029	23289.93	637148.77	243214.59	73177.5
30624	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7221.35	-23036.82	308025	-244894.39	-74472.11
30625	1D	9.77	88.02	365434.51	-583.56	50.63
30625	1D+1L	7.24	116.79	446674.82	-774.18	29.83
30625	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23714.25	7120.46	553287.07	72800.14	245729.9
30625	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23699.78	-6886.87	340062.57	-74348.51	-245670.25
30625	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23714.25	7120.46	553287.07	72800.14	245729.9
30625	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23699.78	-6886.87	340062.57	-74348.51	-245670.25
30625	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7147.15	23274.06	614354.08	243220.47	73948.11
30625	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7132.68	-23040.47	278995.56	-244768.84	-73888.45
30625	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7147.15	23274.06	614354.08	243220.47	73948.11
30625	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7132.68	-23040.47	278995.56	-244768.84	-73888.45
30626	1D	-92.44	75.6	300471.78	-500.56	-624.27
30626	1D+1L	-115.78	94.53	358799.84	-625.8	-782.77
30626	1D+1L+1Ex+0,3Ey	22469.69	7033.59	519068.41	72503.06	237560.78
30626	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-22701.24	-6844.52	198531.27	-73754.66	-239126.31
30626	1D+1L-1Ex-0,3Ey	22469.69	7033.59	519068.41	72503.06	237560.78
30626	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-22701.24	-6844.52	198531.27	-73754.66	-239126.31
30626	1D+1L+0,3Ex+1Ey	6782.94	22904.37	524488.15	241086.85	71536.14
30626	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7014.49	-22715.31	193111.53	-242338.44	-73101.67
30626	1D+1L-0,3Ex-1Ey	6782.94	22904.37	524488.15	241086.85	71536.14
30626	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7014.49	-22715.31	193111.53	-242338.44	-73101.67

Reaksi Perletakan Kondisi Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30627	1D	95.82	-11.71	329358.74	76.01	646.7
30627	1D+1L	128.99	-13.09	396311.02	84.89	870.55
30627	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23168.98	7160.93	541576.99	74769.43	242169.27
30627	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-22910.99	-7187.11	251045.05	-74599.66	-240428.17
30627	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23168.98	7160.93	541576.99	74769.43	242169.27
30627	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-22910.99	-7187.11	251045.05	-74599.66	-240428.17
30627	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7072.87	23854.68	478374.39	248736.02	73466.19
30627	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-6814.88	-23880.85	314247.65	-248566.24	-71725.1
30627	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7072.87	23854.68	478374.39	248736.02	73466.19
30627	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-6814.88	-23880.85	314247.65	-248566.24	-71725.1
30628	1D	2.12	-23.56	391472.06	154.38	25.65
30628	1D+1L	6.37	-27.26	484409.23	178.47	57.78
30628	1D+1L+1Ex+0,3Ey	24076.75	7259.72	554576.78	75609.16	248121.24
30628	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-24064.01	-7314.24	414241.69	-75252.21	-248005.68
30628	1D+1L-1Ex-0,3Ey	24076.75	7259.72	554576.78	75609.16	248121.24
30628	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-24064.01	-7314.24	414241.69	-75252.21	-248005.68
30628	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7255.08	24248.19	546597.58	251515.43	74662.81
30628	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7242.33	-24302.71	422220.89	-251158.49	-74547.25
30628	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7255.08	24248.19	546597.58	251515.43	74662.81
30628	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7242.33	-24302.71	422220.89	-251158.49	-74547.25
30629	1D	78.01	-23.77	413497.23	155.52	524.17
30629	1D+1L	103.11	-27.18	514463	177.69	693.12
30629	1D+1L+1Ex+0,3Ey	24168.47	7265.79	563151.73	75653.36	248723.75
30629	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23962.25	-7320.16	465774.27	-75297.97	-247337.51
30629	1D+1L-1Ex-0,3Ey	24168.47	7265.79	563151.73	75653.36	248723.75
30629	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23962.25	-7320.16	465774.27	-75297.97	-247337.51
30629	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7341.36	24258.98	570853.67	251605.49	75220.83
30629	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7135.14	-24313.35	458072.32	-251250.11	-73834.59
30629	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7341.36	24258.98	570853.67	251605.49	75220.83
30629	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7135.14	-24313.35	458072.32	-251250.11	-73834.59
30630	1D	21.8	-17.17	472260.43	112.33	150.91
30630	1D+1L	27.48	-18.03	591064.62	117.71	190.72
30630	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23908.02	7282.14	623243.6	75651.68	247020.3
30630	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23853.07	-7318.21	558885.64	-75416.25	-246638.85
30630	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23908.02	7282.14	623243.6	75651.68	247020.3
30630	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23853.07	-7318.21	558885.64	-75416.25	-246638.85
30630	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7197.82	24311.66	641680.94	251869.31	74284.52
30630	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7142.87	-24347.72	540448.3	-251633.88	-73903.07
30630	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7197.82	24311.66	641680.94	251869.31	74284.52
30630	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7142.87	-24347.72	540448.3	-251633.88	-73903.07

Reaksi Perletakan Kondisi Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30631	1D	-37.46	-16.94	463989.54	110.96	-243.87
30631	1D+1L	-51.1	-18.2	578235.33	119	-332.85
30631	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23809.77	7286.32	610355.69	75689.63	246368.48
30631	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23911.97	-7322.71	546114.97	-75451.62	-247034.19
30631	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23809.77	7286.32	610355.69	75689.63	246368.48
30631	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23911.97	-7322.71	546114.97	-75451.62	-247034.19
30631	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7107.91	24326.73	628793.05	251997.75	73685.49
30631	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7210.11	-24363.12	527677.62	-251759.75	-74351.2
30631	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7107.91	24326.73	628793.05	251997.75	73685.49
30631	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7210.11	-24363.12	527677.62	-251759.75	-74351.2
30634	1D	-50.11	-5.95	382316.12	38.2	-329.62
30634	1D+1L	-63.1	-7.39	468096.79	47.41	-415.04
30634	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23832.63	7299.82	525750.63	75640.48	246517.05
30634	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23958.82	-7314.59	410442.95	-75545.66	-247347.14
30634	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23832.63	7299.82	525750.63	75640.48	246517.05
30634	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23958.82	-7314.59	410442.95	-75545.66	-247347.14
30634	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7106.2	24348.7	525585.06	252015.15	73667.67
30634	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7232.39	-24363.47	410608.52	-251920.32	-74497.76
30634	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7106.2	24348.7	525585.06	252015.15	73667.67
30634	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7232.39	-24363.47	410608.52	-251920.32	-74497.76
30635	1D	50.11	-5.95	382316.12	38.2	329.62
30635	1D+1L	63.1	-7.39	468096.79	47.41	415.04
30635	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23958.82	7299.82	525750.63	75640.48	247347.14
30635	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23832.63	-7314.59	410442.95	-75545.66	-246517.05
30635	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23958.82	7299.82	525750.63	75640.48	247347.14
30635	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23832.63	-7314.59	410442.95	-75545.66	-246517.05
30635	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7232.39	24348.7	525585.06	252015.15	74497.76
30635	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7106.2	-24363.47	410608.52	-251920.32	-73667.67
30635	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7232.39	24348.7	525585.06	252015.15	74497.76
30635	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7106.2	-24363.47	410608.52	-251920.32	-73667.67
30638	1D	37.46	-16.94	463989.54	110.96	243.87
30638	1D+1L	51.1	-18.2	578235.33	119	332.85
30638	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23911.97	7286.32	610355.69	75689.63	247034.19
30638	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23809.77	-7322.71	546114.97	-75451.62	-246368.48
30638	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23911.97	7286.32	610355.69	75689.63	247034.19
30638	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23809.77	-7322.71	546114.97	-75451.62	-246368.48
30638	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7210.11	24326.73	628793.04	251997.75	74351.2
30638	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7107.91	-24363.12	527677.62	-251759.75	-73685.49
30638	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7210.11	24326.73	628793.04	251997.75	74351.2
30638	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7107.91	-24363.12	527677.62	-251759.75	-73685.49

Reaksi Perletakan Kondisi Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30639	1D	-21.8	-17.17	472260.43	112.33	-150.91
30639	1D+1L	-27.48	-18.03	591064.62	117.71	-190.72
30639	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23853.07	7282.14	623243.6	75651.68	246638.85
30639	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23908.02	-7318.21	558885.64	-75416.25	-247020.3
30639	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23853.07	7282.14	623243.6	75651.68	246638.85
30639	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23908.02	-7318.21	558885.64	-75416.25	-247020.3
30639	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7142.87	24311.66	641680.94	251869.31	73903.07
30639	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7197.82	-24347.72	540448.3	-251633.88	-74284.52
30639	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7142.87	24311.66	641680.94	251869.31	73903.07
30639	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7197.82	-24347.72	540448.3	-251633.88	-74284.52
30640	1D	-78.01	-23.77	413497.23	155.52	-524.17
30640	1D+1L	-103.11	-27.18	514463	177.69	-693.12
30640	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23962.25	7265.79	563151.72	75653.36	247337.51
30640	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-24168.47	-7320.16	465774.27	-75297.97	-248723.75
30640	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23962.25	7265.79	563151.72	75653.36	247337.51
30640	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-24168.47	-7320.16	465774.27	-75297.97	-248723.75
30640	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7135.14	24258.98	570853.67	251605.49	73834.59
30640	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7341.36	-24313.35	458072.32	-251250.11	-75220.83
30640	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7135.14	24258.98	570853.67	251605.49	73834.59
30640	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7341.36	-24313.35	458072.32	-251250.11	-75220.83
30641	1D	-2.12	-23.56	391472.06	154.38	-25.65
30641	1D+1L	-6.37	-27.26	484409.23	178.47	-57.78
30641	1D+1L+1Ex+0,3Ey	24064.01	7259.72	554576.78	75609.16	248005.68
30641	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-24076.75	-7314.24	414241.69	-75252.21	-248121.24
30641	1D+1L-1Ex-0,3Ey	24064.01	7259.72	554576.78	75609.16	248005.68
30641	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-24076.75	-7314.24	414241.69	-75252.21	-248121.24
30641	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7242.33	24248.19	546597.58	251515.43	74547.25
30641	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7255.08	-24302.71	422220.89	-251158.49	-74662.81
30641	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7242.33	24248.19	546597.58	251515.43	74547.25
30641	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7255.08	-24302.71	422220.89	-251158.49	-74662.81
30642	1D	-95.82	-11.71	329358.74	76.01	-646.7
30642	1D+1L	-128.99	-13.09	396311.02	84.89	-870.55
30642	1D+1L+1Ex+0,3Ey	22910.99	7160.93	541576.99	74769.43	240428.17
30642	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23168.98	-7187.11	251045.05	-74599.66	-242169.27
30642	1D+1L-1Ex-0,3Ey	22910.99	7160.93	541576.99	74769.43	240428.17
30642	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23168.98	-7187.11	251045.05	-74599.66	-242169.27
30642	1D+1L+0,3Ex+1Ey	6814.88	23854.68	478374.39	248736.02	71725.1
30642	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7072.87	-23880.85	314247.65	-248566.24	-73466.19
30642	1D+1L-0,3Ex-1Ey	6814.88	23854.68	478374.39	248736.02	71725.1
30642	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7072.87	-23880.85	314247.65	-248566.24	-73466.19

Reaksi Perletakan Kondisi Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30643	1D	95.82	11.71	329358.74	-76.01	646.7
30643	1D+1L	128.99	13.09	396311.02	-84.89	870.55
30643	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23168.98	7187.11	541576.99	74599.66	242169.27
30643	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-22910.99	-7160.93	251045.05	-74769.43	-240428.17
30643	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23168.98	7187.11	541576.99	74599.66	242169.27
30643	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-22910.99	-7160.93	251045.05	-74769.43	-240428.17
30643	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7072.87	23880.85	478374.39	248566.24	73466.19
30643	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-6814.88	-23854.68	314247.65	-248736.02	-71725.1
30643	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7072.87	23880.85	478374.39	248566.24	73466.19
30643	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-6814.88	-23854.68	314247.65	-248736.02	-71725.1
30644	1D	2.12	23.56	391472.06	-154.38	25.65
30644	1D+1L	6.37	27.26	484409.23	-178.47	57.78
30644	1D+1L+1Ex+0,3Ey	24076.75	7314.24	554576.78	75252.21	248121.24
30644	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-24064.01	-7259.72	414241.69	-75609.16	-248005.68
30644	1D+1L-1Ex-0,3Ey	24076.75	7314.24	554576.78	75252.21	248121.24
30644	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-24064.01	-7259.72	414241.69	-75609.16	-248005.68
30644	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7255.08	24302.71	546597.58	251158.49	74662.81
30644	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7242.33	-24248.19	422220.89	-251515.43	-74547.25
30644	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7255.08	24302.71	546597.58	251158.49	74662.81
30644	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7242.33	-24248.19	422220.89	-251515.43	-74547.25
30645	1D	78.01	23.77	413497.23	-155.52	524.17
30645	1D+1L	103.11	27.18	514463	-177.69	693.12
30645	1D+1L+1Ex+0,3Ey	24168.47	7320.16	563151.72	75297.97	248723.75
30645	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23962.25	-7265.79	465774.27	-75653.36	-247337.51
30645	1D+1L-1Ex-0,3Ey	24168.47	7320.16	563151.72	75297.97	248723.75
30645	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23962.25	-7265.79	465774.27	-75653.36	-247337.51
30645	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7341.36	24313.35	570853.67	251250.11	75220.83
30645	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7135.14	-24258.98	458072.32	-251605.49	-73834.59
30645	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7341.36	24313.35	570853.67	251250.11	75220.83
30645	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7135.14	-24258.98	458072.32	-251605.49	-73834.59
30646	1D	21.8	17.17	472260.43	-112.33	150.91
30646	1D+1L	27.48	18.03	591064.62	-117.71	190.72
30646	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23908.02	7318.21	623243.6	75416.25	247020.3
30646	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23853.07	-7282.14	558885.64	-75651.68	-246638.85
30646	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23908.02	7318.21	623243.6	75416.25	247020.3
30646	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23853.07	-7282.14	558885.64	-75651.68	-246638.85
30646	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7197.82	24347.72	641680.94	251633.88	74284.52
30646	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7142.87	-24311.66	540448.3	-251869.31	-73903.07
30646	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7197.82	24347.72	641680.94	251633.88	74284.52
30646	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7142.87	-24311.66	540448.3	-251869.31	-73903.07

Reaksi Perletakan Kondisi Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30647	1D	-37.46	16.94	463989.54	-110.96	-243.87
30647	1D+1L	-51.1	18.2	578235.33	-119	-332.85
30647	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23809.77	7322.71	610355.69	75451.62	246368.48
30647	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23911.97	-7286.32	546114.97	-75689.63	-247034.19
30647	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23809.77	7322.71	610355.69	75451.62	246368.48
30647	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23911.97	-7286.32	546114.97	-75689.63	-247034.19
30647	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7107.91	24363.12	628793.04	251759.75	73685.49
30647	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7210.11	-24326.73	527677.62	-251997.75	-74351.2
30647	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7107.91	24363.12	628793.04	251759.75	73685.49
30647	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7210.11	-24326.73	527677.62	-251997.75	-74351.2
30648	1D	-50.11	5.95	382316.12	-38.2	-329.62
30648	1D+1L	-63.1	7.39	468096.79	-47.41	-415.04
30648	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23832.63	7314.59	525750.63	75545.66	246517.05
30648	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23958.82	-7299.82	410442.95	-75640.48	-247347.14
30648	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23832.63	7314.59	525750.63	75545.66	246517.05
30648	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23958.82	-7299.82	410442.95	-75640.48	-247347.14
30648	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7106.2	24363.47	525585.06	251920.32	73667.67
30648	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7232.39	-24348.7	410608.52	-252015.15	-74497.76
30648	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7106.2	24363.47	525585.06	251920.32	73667.67
30648	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7232.39	-24348.7	410608.52	-252015.15	-74497.76
30649	1D	50.11	5.95	382316.12	-38.2	329.62
30649	1D+1L	63.1	7.39	468096.79	-47.41	415.04
30649	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23958.82	7314.59	525750.63	75545.66	247347.14
30649	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23832.63	-7299.82	410442.95	-75640.48	-246517.05
30649	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23958.82	7314.59	525750.63	75545.66	247347.14
30649	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23832.63	-7299.82	410442.95	-75640.48	-246517.05
30649	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7232.39	24363.47	525585.06	251920.32	74497.76
30649	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7106.2	-24348.7	410608.52	-252015.15	-73667.67
30649	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7232.39	24363.47	525585.06	251920.32	74497.76
30649	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7106.2	-24348.7	410608.52	-252015.15	-73667.67
30650	1D	37.46	16.94	463989.54	-110.96	243.87
30650	1D+1L	51.1	18.2	578235.33	-119	332.85
30650	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23911.97	7322.71	610355.69	75451.62	247034.19
30650	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23809.77	-7286.32	546114.97	-75689.63	-246368.48
30650	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23911.97	7322.71	610355.69	75451.62	247034.19
30650	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23809.77	-7286.32	546114.97	-75689.63	-246368.48
30650	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7210.11	24363.12	628793.05	251759.75	74351.2
30650	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7107.91	-24326.73	527677.62	-251997.75	-73685.49
30650	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7210.11	24363.12	628793.05	251759.75	74351.2
30650	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7107.91	-24326.73	527677.62	-251997.75	-73685.49

Reaksi Perletakan Kondisi Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30651	1D	-21.8	17.17	472260.43	-112.33	-150.91
30651	1D+1L	-27.48	18.03	591064.62	-117.71	-190.72
30651	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23853.07	7318.21	623243.6	75416.25	246638.85
30651	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23908.02	-7282.14	558885.64	-75651.68	-247020.3
30651	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23853.07	7318.21	623243.6	75416.25	246638.85
30651	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23908.02	-7282.14	558885.64	-75651.68	-247020.3
30651	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7142.87	24347.72	641680.94	251633.88	73903.07
30651	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7197.82	-24311.66	540448.3	-251869.31	-74284.52
30651	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7142.87	24347.72	641680.94	251633.88	73903.07
30651	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7197.82	-24311.66	540448.3	-251869.31	-74284.52
30652	1D	-78.01	23.77	413497.23	-155.52	-524.17
30652	1D+1L	-103.11	27.18	514463	-177.69	-693.12
30652	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23962.25	7320.16	563151.72	75297.97	247337.51
30652	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-24168.47	-7265.79	465774.27	-75653.36	-248723.75
30652	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23962.25	7320.16	563151.72	75297.97	247337.51
30652	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-24168.47	-7265.79	465774.27	-75653.36	-248723.75
30652	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7135.14	24313.35	570853.67	251250.11	73834.59
30652	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7341.36	-24258.98	458072.32	-251605.49	-75220.83
30652	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7135.14	24313.35	570853.67	251250.11	73834.59
30652	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7341.36	-24258.98	458072.32	-251605.49	-75220.83
30653	1D	-2.12	23.56	391472.06	-154.38	-25.65
30653	1D+1L	-6.37	27.26	484409.23	-178.47	-57.78
30653	1D+1L+1Ex+0,3Ey	24064.01	7314.24	554576.78	75252.21	248005.68
30653	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-24076.75	-7259.72	414241.69	-75609.16	-248121.24
30653	1D+1L-1Ex-0,3Ey	24064.01	7314.24	554576.78	75252.21	248005.68
30653	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-24076.75	-7259.72	414241.69	-75609.16	-248121.24
30653	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7242.33	24302.71	546597.58	251158.49	74547.25
30653	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7255.08	-24248.19	422220.89	-251515.43	-74662.81
30653	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7242.33	24302.71	546597.58	251158.49	74547.25
30653	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7255.08	-24248.19	422220.89	-251515.43	-74662.81
30654	1D	-95.82	11.71	329358.74	-76.01	-646.7
30654	1D+1L	-128.99	13.09	396311.02	-84.89	-870.55
30654	1D+1L+1Ex+0,3Ey	22910.99	7187.11	541576.99	74599.66	240428.17
30654	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23168.98	-7160.93	251045.05	-74769.43	-242169.27
30654	1D+1L-1Ex-0,3Ey	22910.99	7187.11	541576.99	74599.66	240428.17
30654	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23168.98	-7160.93	251045.05	-74769.43	-242169.27
30654	1D+1L+0,3Ex+1Ey	6814.88	23880.85	478374.39	248566.24	71725.1
30654	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7072.87	-23854.68	314247.65	-248736.02	-73466.19
30654	1D+1L-0,3Ex-1Ey	6814.88	23880.85	478374.39	248566.24	71725.1
30654	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7072.87	-23854.68	314247.65	-248736.02	-73466.19

Reaksi Perletakan Kondisi Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30655	1D	92.44	-75.6	300471.78	500.56	624.27
30655	1D+1L	115.78	-94.53	358799.84	625.8	782.77
30655	1D+1L+1Ex+0,3Ey	22701.24	6844.52	519068.41	73754.66	239126.31
30655	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-22469.69	-7033.59	198531.27	-72503.06	-237560.78
30655	1D+1L-1Ex-0,3Ey	22701.24	6844.52	519068.41	73754.66	239126.31
30655	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-22469.69	-7033.59	198531.27	-72503.06	-237560.78
30655	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7014.49	22715.31	524488.15	242338.44	73101.67
30655	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-6782.94	-22904.37	193111.53	-241086.85	-71536.14
30655	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7014.49	22715.31	524488.15	242338.44	73101.67
30655	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-6782.94	-22904.37	193111.53	-241086.85	-71536.14
30656	1D	-9.77	-88.02	365434.51	583.56	-50.63
30656	1D+1L	-7.24	-116.79	446674.82	774.18	-29.83
30656	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23699.78	6886.87	553287.07	74348.51	245670.25
30656	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23714.25	-7120.46	340062.57	-72800.14	-245729.9
30656	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23699.78	6886.87	553287.07	74348.51	245670.25
30656	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23714.25	-7120.46	340062.57	-72800.14	-245729.9
30656	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7132.68	23040.47	614354.08	244768.84	73888.45
30656	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7147.15	-23274.06	278995.56	-243220.47	-73948.11
30656	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7132.68	23040.47	614354.08	244768.84	73888.45
30656	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7147.15	-23274.06	278995.56	-243220.47	-73948.11
30657	1D	76.3	-94.98	384802.1	630.42	513.01
30657	1D+1L	96.17	-126.56	472586.89	839.9	647.3
30657	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23781.58	6856.53	561541.84	74281.89	246210.28
30657	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23589.23	-7109.65	383631.93	-72602.08	-244915.67
30657	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23781.58	6856.53	561541.84	74281.89	246210.28
30657	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23589.23	-7109.65	383631.93	-72602.08	-244915.67
30657	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7221.35	23036.82	637148.77	244894.39	74472.11
30657	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7029	-23289.93	308025	-243214.59	-73177.5
30657	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7221.35	23036.82	637148.77	244894.39	74472.11
30657	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7029	-23289.93	308025	-243214.59	-73177.5
30658	1D	16.45	-85.9	447966.09	571.14	115.89
30658	1D+1L	20.68	-115.94	553345.78	770.69	146.15
30658	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23426.87	6875.74	615921.39	74279.75	243887.78
30658	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23385.52	-7107.62	490770.17	-72738.37	-243595.48
30658	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23426.87	6875.74	615921.39	74279.75	243887.78
30658	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23385.52	-7107.62	490770.17	-72738.37	-243595.48
30658	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7062.98	23180	714413.13	245736.01	73426.29
30658	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7021.63	-23411.88	392278.43	-244194.63	-73133.98
30658	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7062.98	23180	714413.13	245736.01	73426.29
30658	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7021.63	-23411.88	392278.43	-244194.63	-73133.98

Reaksi Perletakan Kondisi Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30659	1D	-32.16	-81.73	439402.63	542.77	-209.06
30659	1D+1L	-42.41	-109.71	541004.01	728.45	-275.55
30659	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23353.86	6893.67	602633.95	74323.28	243399.93
30659	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23438.68	-7113.1	479374.08	-72866.38	-243951.04
30659	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23353.86	6893.67	602633.95	74323.28	243399.93
30659	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23438.68	-7113.1	479374.08	-72866.38	-243951.04
30659	1D+1L+0,3Ex+1Ey	6982.59	23207.81	701373.83	245862.59	72882.33
30659	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7067.41	-23427.24	380634.2	-244405.7	-73433.44
30659	1D+1L-0,3Ex-1Ey	6982.59	23207.81	701373.83	245862.59	72882.33
30659	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7067.41	-23427.24	380634.2	-244405.7	-73433.44
30660	1D	-54.5	-97.75	343608.17	650.27	-358.07
30660	1D+1L	-65	-130.54	416793.07	868.08	-426.98
30660	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23354.49	6886.87	506520.11	74561.05	243397.37
30660	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23484.48	-7147.94	327066.04	-72824.88	-244251.34
30660	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23354.49	6886.87	506520.11	74561.05	243397.37
30660	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23484.48	-7147.94	327066.04	-72824.88	-244251.34
30660	1D+1L+0,3Ex+1Ey	6963.82	23205.17	574935.34	246138.02	72736.13
30660	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7093.81	-23466.25	258650.81	-244401.85	-73590.1
30660	1D+1L-0,3Ex-1Ey	6963.82	23205.17	574935.34	246138.02	72736.13
30660	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7093.81	-23466.25	258650.81	-244401.85	-73590.1
30661	1D	54.5	-97.75	343608.17	650.27	358.07
30661	1D+1L	65	-130.54	416793.07	868.08	426.98
30661	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23484.48	6886.87	506520.11	74561.05	244251.34
30661	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23354.49	-7147.94	327066.04	-72824.88	-243397.37
30661	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23484.48	6886.87	506520.11	74561.05	244251.34
30661	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23354.49	-7147.94	327066.04	-72824.88	-243397.37
30661	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7093.81	23205.17	574935.34	246138.02	73590.1
30661	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-6963.82	-23466.25	258650.81	-244401.85	-72736.13
30661	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7093.81	23205.17	574935.34	246138.02	73590.1
30661	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-6963.82	-23466.25	258650.81	-244401.85	-72736.13
30662	1D	32.16	-81.73	439402.63	542.77	209.06
30662	1D+1L	42.41	-109.71	541004.01	728.45	275.55
30662	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23438.68	6893.67	602633.95	74323.28	243951.04
30662	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23353.86	-7113.1	479374.08	-72866.38	-243399.93
30662	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23438.68	6893.67	602633.95	74323.28	243951.04
30662	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23353.86	-7113.1	479374.08	-72866.38	-243399.93
30662	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7067.41	23207.81	701373.83	245862.59	73433.44
30662	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-6982.59	-23427.24	380634.2	-244405.7	-72882.33
30662	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7067.41	23207.81	701373.83	245862.59	73433.44
30662	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-6982.59	-23427.24	380634.2	-244405.7	-72882.33


Reaksi Perletakan Kondisi Likuifaksi						
Joint	OutputCase	F1	F2	F3	M1	M2
Text	Text	Kgf	Kgf	Kgf	Kgf-m	Kgf-m
30663	1D	-16.45	-85.9	447966.09	571.14	-115.89
30663	1D+1L	-20.68	-115.94	553345.78	770.69	-146.15
30663	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23385.52	6875.74	615921.39	74279.75	243595.48
30663	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23426.87	-7107.62	490770.17	-72738.37	-243887.78
30663	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23385.52	6875.74	615921.39	74279.75	243595.48
30663	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23426.87	-7107.62	490770.17	-72738.37	-243887.78
30663	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7021.63	23180	714413.13	245736.01	73133.98
30663	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7062.98	-23411.88	392278.43	-244194.63	-73426.29
30663	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7021.63	23180	714413.13	245736.01	73133.98
30663	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7062.98	-23411.88	392278.43	-244194.63	-73426.29
30664	1D	-76.3	-94.98	384802.1	630.42	-513.01
30664	1D+1L	-96.17	-126.56	472586.89	839.9	-647.3
30664	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23589.23	6856.53	561541.84	74281.89	244915.67
30664	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23781.58	-7109.65	383631.93	-72602.08	-246210.28
30664	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23589.23	6856.53	561541.84	74281.89	244915.67
30664	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23781.58	-7109.65	383631.93	-72602.08	-246210.28
30664	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7029	23036.82	637148.77	244894.39	73177.5
30664	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7221.35	-23289.93	308025	-243214.59	-74472.11
30664	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7029	23036.82	637148.77	244894.39	73177.5
30664	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7221.35	-23289.93	308025	-243214.59	-74472.11
30665	1D	9.77	-88.02	365434.51	583.56	50.63
30665	1D+1L	7.24	-116.79	446674.82	774.18	29.83
30665	1D+1L+1Ex+0,3Ey	23714.25	6886.87	553287.07	74348.51	245729.9
30665	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-23699.78	-7120.46	340062.57	-72800.14	-245670.25
30665	1D+1L-1Ex-0,3Ey	23714.25	6886.87	553287.07	74348.51	245729.9
30665	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-23699.78	-7120.46	340062.57	-72800.14	-245670.25
30665	1D+1L+0,3Ex+1Ey	7147.15	23040.47	614354.08	244768.84	73948.11
30665	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7132.68	-23274.06	278995.56	-243220.47	-73888.45
30665	1D+1L-0,3Ex-1Ey	7147.15	23040.47	614354.08	244768.84	73948.11
30665	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7132.68	-23274.06	278995.56	-243220.47	-73888.45
30666	1D	-92.44	-75.6	300471.78	500.56	-624.27
30666	1D+1L	-115.78	-94.53	358799.84	625.8	-782.77
30666	1D+1L+1Ex+0,3Ey	22469.69	6844.52	519068.41	73754.66	237560.78
30666	1D+1L+1Ex+0,3Ey	-22701.24	-7033.59	198531.27	-72503.06	-239126.31
30666	1D+1L-1Ex-0,3Ey	22469.69	6844.52	519068.41	73754.66	237560.78
30666	1D+1L-1Ex-0,3Ey	-22701.24	-7033.59	198531.27	-72503.06	-239126.31
30666	1D+1L+0,3Ex+1Ey	6782.94	22715.31	524488.15	242338.44	71536.14
30666	1D+1L+0,3Ex+1Ey	-7014.49	-22904.37	193111.53	-241086.85	-73101.67
30666	1D+1L-0,3Ex-1Ey	6782.94	22715.31	524488.15	242338.44	71536.14
30666	1D+1L-0,3Ex-1Ey	-7014.49	-22904.37	193111.53	-241086.85	-73101.67

LAMPIRAN 3 : Kontrol Kebenaran SAP2000

PEMBEBANAN	BERAT JENIS	Satuan	b (m)	h (m)	L (m)	t (m)	n	JUMLAH LANTAI	BERAT (kg)
BEBAN MATI									
BALOK INDUK	2400	kg/m3	0.3	0.7	3.5	1	8	13	183456
BALOK INDUK	2400	kg/m3	0.3	0.7	5	1	12	13	393120
BALOK INDUK	2400	kg/m3	0.3	0.7	7	1	56	13	2568384
TAMBAHAN BALOK INDUK	2400	kg/m3	0.3	0.7	7	1	4	2	28224
BALOK ANAK	2400	kg/m3	0.2	0.4	3.5	1	6	13	52416
BALOK ANAK	2400	kg/m3	0.2	0.4	5	1	8	13	99840
BALOK ANAK	2400	kg/m3	0.2	0.4	7	1	40	13	698880
TAMBAHAN BALOK ANAK	2400	kg/m3	0.2	0.4	5	1	1	2	1920
TAMBAHAN BALOK ANAK	2400	kg/m3	0.2	0.4	7	1	5	2	13440
BALOK LEUVEL	2400	kg/m3	0.15	0.25	1.5	1	40	12	64800
BALOK LEUVEL	2400	kg/m3	0.15	0.25	3.5	1	0	12	0
BALOK LEUVEL	2400	kg/m3	0.15	0.25	7	1	0	12	0
KOLOM (35X35)	2400	kg/m3	0.4	0.4	3.25	1	48	4	239616
KOLOM (55X55)	2400	kg/m3	0.55	0.55	3.25	1	48	4	453024
KOLOM (70X70)	2400	kg/m3	0.7	0.7	3.25	1	48	3	550368
KOLOM (70X70) tambahan	2400	kg/m3	0.7	0.7	0.5	1	48	1	28224
KOLOM (70X70) lt 2	2400	kg/m3	0.7	0.7	7	1	48	1	395136
PLAT LANTAI	2400	kg/m3	19	1	31.5	0.12	2	11	3792096
PLAT LANTAI lt 2 & sloof	2400	kg/m3	19	1	70	0.12	1	2	766080
PLAT LANTAI balkon	2400	kg/m3	1.5	1	31.5	0.12	2	12	326592
SPESI	21	kg/m2	19	1	31.5	1	2	11	276507
SPESI lt 2	21	kg/m2	19	1	70	1	1	2	55860
SPESI balkon	21	kg/m2	19	1	31.5	1	2	12	301644
TEGEL	24	kg/m2	19	1	31.5	1	2	11	316008
TEGEL lt 2	24	kg/m2	19	1	70	1	1	2	63840
TEGEL balkon	24	kg/m2	19	1	31.5	1	2	11	316008
PENGGANTUNG	7	kg/m2	19	1	31.5	1	2	11	92169
ASPAL	14	kg/m2	19	1	31.5	1	2	1	16758
ASPAL balkon	14	kg/m2	1.5	1	31.5	1	4	1	2646
DACTING AND PLUMBING	30	kg/m2	19	1	31.5	1	2	11	395010
DACTING AND PLUMBING lt 2	30	kg/m2	19	1	70	1	1	1	39900
DINDING (1/2 BATA)	250	kg/m2	1	3.25	233	1	2	11	4164875
DINDING (1/2 BATA)	250	kg/m2	1	7	178	1	1	1	311500
								WD	17177118

LAMPIRAN 4 : Brosur Spesifikasi Tiang Pancang Beton *Precast*

PC SPUN PILE CONCRETE PRODUCT

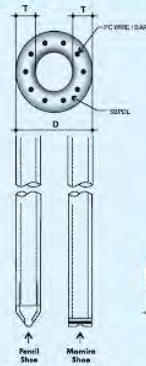


WASKITA
PT. WASKITA KARYA (Persero) Tbk
DIVISI PRECAST

Description

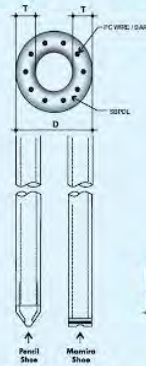
Type of pile	: Prestressed Concrete Spun Pile
Splice system	: Welded at steel joint plate
Type of shoe	: Pencil (Standard Product) Mamira (Special Design)
Method of Driving	: Diesel or Hydraulic Hammer

Shape and Dimension

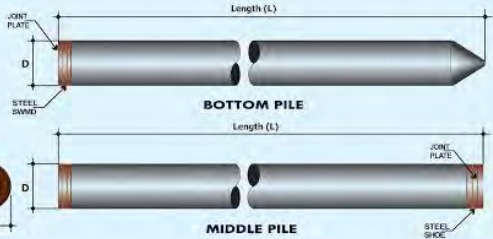


Design and Manufacturing References

JIS A 5335 - 1987 ACI 543 - 00 SNI 03-2847-2002	Prestressed Concrete Spun Pile Design, Manufactured and Installation of Concrete Piles Indonesian Concrete Code
---	--



Pencil Shoe
Mamira Shoe



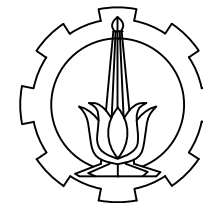
BOTTOM PILE
MIDDLE PILE

Specification of Material

Item	Reference	Description	Specification
Aggregate	ASTM C33 - 1999	Standard Specification for Concrete Aggregate	
	NI 2 PBI - 1971	Indonesian Concrete Code	
Cement	SNI 15-2049 - 2004	Portland Cement	Standard product : Type I Special order : Type II or V
Admixture	ASTM C494 - 1985	Standard Specification for Chemical Admixture for Concrete	Type F : Water reducing admixtures
Concrete	SNI 03-2847 - 2002	Indonesian Concrete Code	Compressive strength at : 28 days : 600kg/cm ² (cube)
PC Wire	JIS G 3536 - 1999	Uncoated Stress-Relieved Steel Wire and strand for Prestressed Concrete	SWPD 1
PC Bar	JIS G 3137 - 1994	Small Size Deformed Steel Bars for Prestressed Concrete	SBPDL 1279 / 1420
Spiral Wire	JIS G 3532 - 2000	Low Carbon Steel Wire	SWMA / SWMP
Joint Plate	JIS G 3101 - 2004	Rolled Steel for General Structure	SS - 400
Welding	ANSI / AWS D1.1 - 1990	Structural Welding Code-steel	AWS A5.1 / E6013 NIKKO STEEL R8 26 / RD 260, UION 26, or equivalent

Classification

Outside Diameter D (mm)	Wall Thickness T (mm)	Class	Concrete Cross Section (cm ²)	Unit Weight (kg/m)	Length L (m)	Bending Moment		Allowable Axial Load (ton)
						Crack (ton.m)	Ultimate (ton.m)	
300	60	A2	452	113	6 - 13	2,50	3,75	72,60
		A3				3,00	4,50	70,75
		B				3,50	6,30	67,50
		C				4,00	8,00	65,40
350	65	A1	582	145	6 - 15	3,50	5,25	93,10
		A2				4,20	6,30	89,50
		B				5,00	9,00	86,40
		C				6,00	12,00	85,00
400	75	A2	766	191	6 - 16	5,50	8,25	121,10
		A3				6,50	9,75	117,60
		B				7,50	13,50	114,40
		C				9,00	18,00	111,50
450	80	A1	930	232	6 - 16	7,50	11,25	149,50
		A2				8,50	12,75	145,80
		A3				10,00	15,00	143,80
		B				11,00	19,80	139,10
500	90	C	1,159	290	6 - 16	12,50	25,00	134,90
		A1				10,50	15,75	185,30
		A2				12,50	18,75	181,70
		A3				14,00	21,00	178,20
600	100	B	1,571	393	6 - 16	15,00	27,00	174,90
		C				17,00	34,00	169,00
		A1				17,00	25,50	252,70
		A2				19,00	28,50	249,00
800	120	A3	2,564	641	6 - 24	22,00	33,00	243,20
		B				25,00	45,00	238,30
		C				29,00	58,00	229,50
		A1				40,00	60,00	412,00
1000	140	A2	3,782	946	6 - 24	45,00	67,50	408,20
		A3				49,00	73,50	400,70
		B				55,00	99,00	385,20
		C				65,00	117,00	373,10
1200	150	A1	4,948	1,237	6 - 24	75,00	112,50	614,40
		A2				81,00	121,50	606,40
		A3				95,00	142,50	589,30
		B				105,00	189,00	571,20
		C				120,00	216,00	555,70
		A1				120,00	180,00	759,10
		A2				134,00	201,00	791,10
		A3				156,00	234,00	768,00
		B				170,00	306,00	736,70
		C				200,00	360,00	718,20



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

DENAH PERENCANAAN
PONDASI KONDISI 1

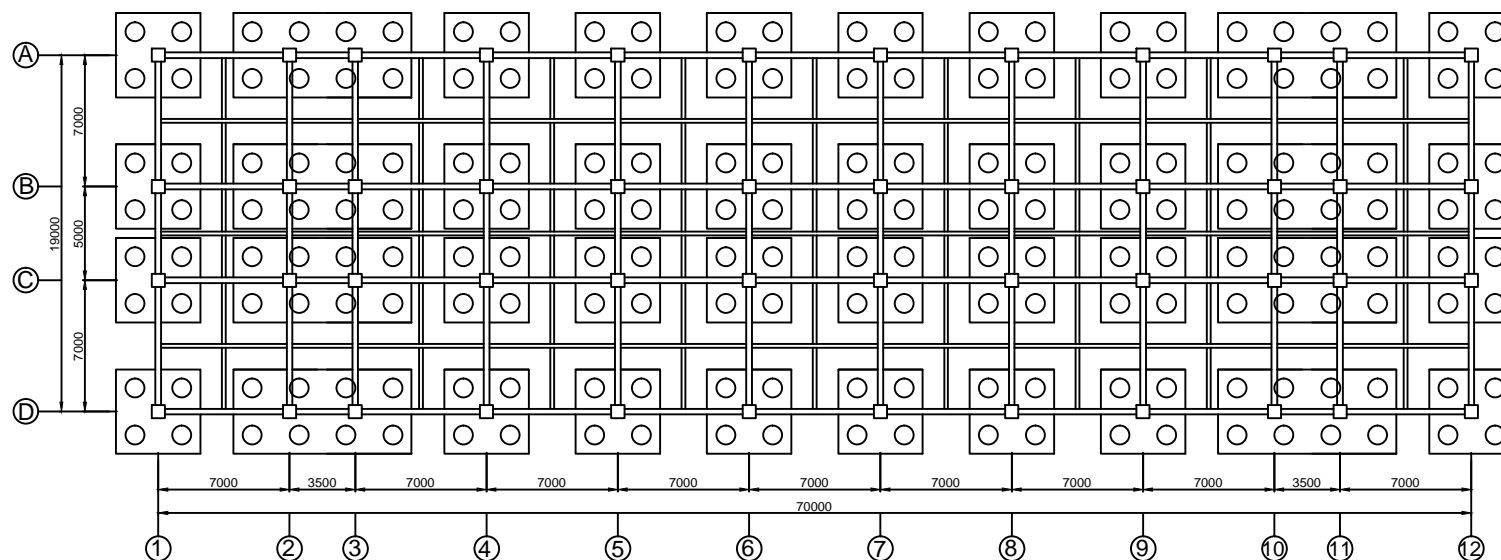
SKALA

1 : 400

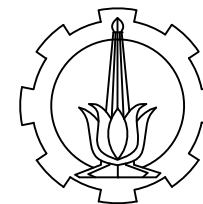
NOMOR GAMBAR

1

CATATAN



Denah Konfigurasi Pondasi untuk Kondisi 1
Skala 1 : 400



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

DENAH PERENCANAAN
PONDASI KONDISI 2

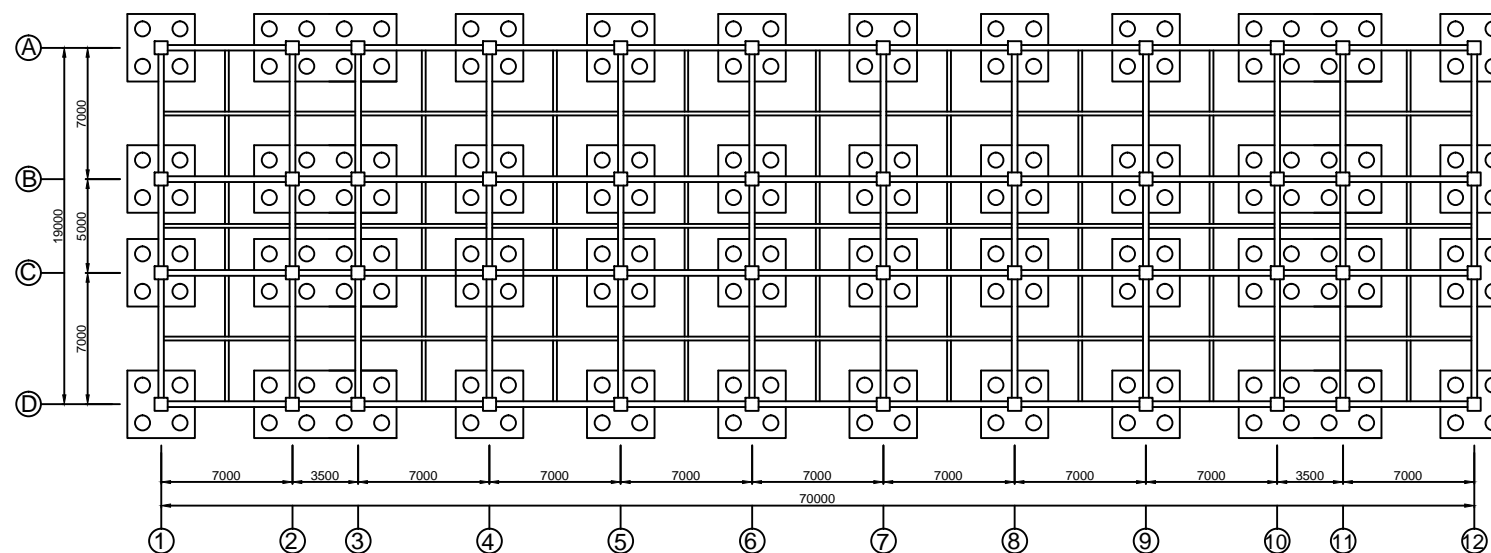
SKALA

1 : 400

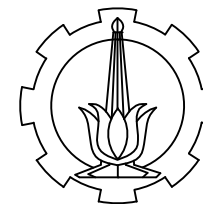
NOMOR GAMBAR

2

CATATAN



Denah Konfigurasi Pondasi untuk Kondisi 2
Skala 1 : 400



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

DENAH PERENCANAAN
PONDASI KONDISI 3

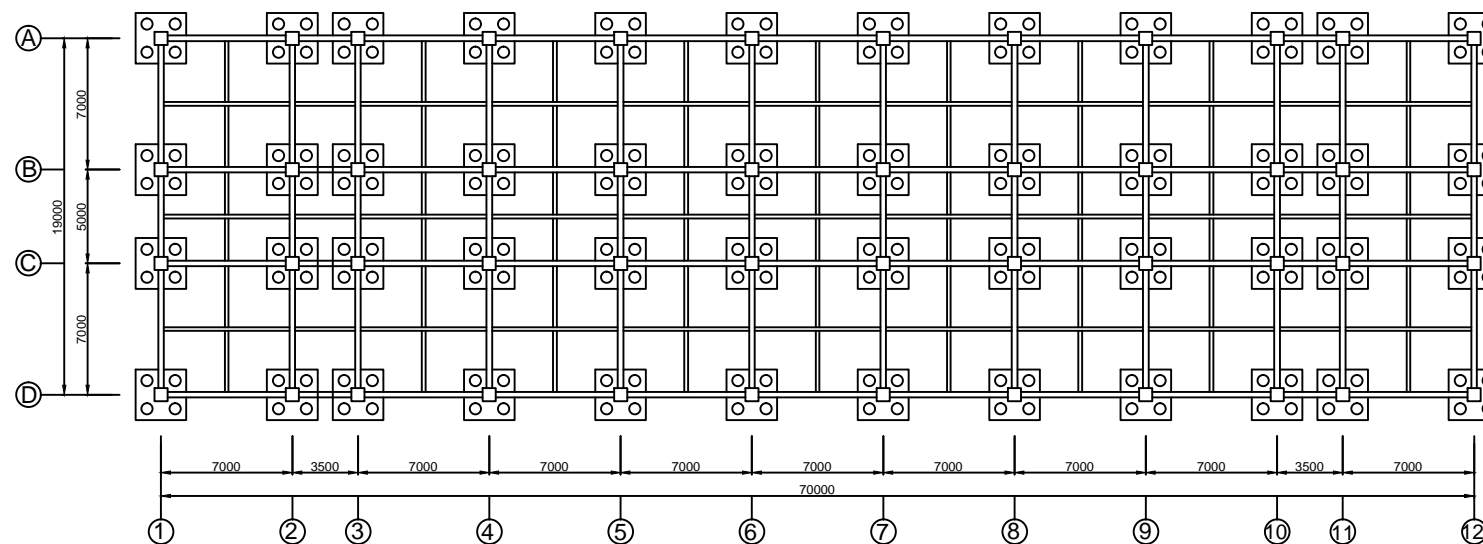
SKALA

1 : 400

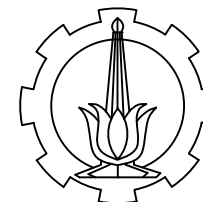
NOMOR GAMBAR

3

CATATAN



Denah Konfigurasi Pondasi untuk Kondisi 3
Skala 1 : 400



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

DENAH PERENCANAAN
PONDASI KONDISI 4

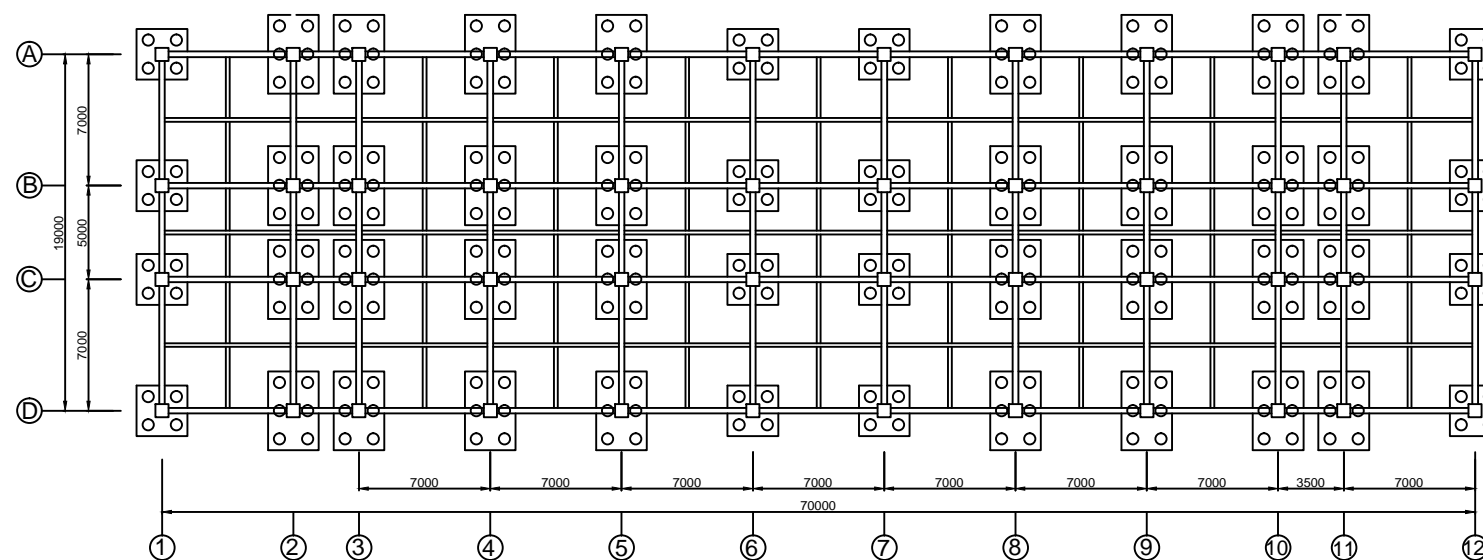
SKALA

1 : 400

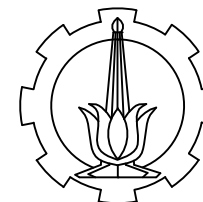
NOMOR GAMBAR

4

CATATAN



Denah Konfigurasi Pondasi untuk Kondisi 4
Skala 1 : 400



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PILE CAP TIPE 1

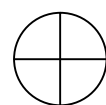
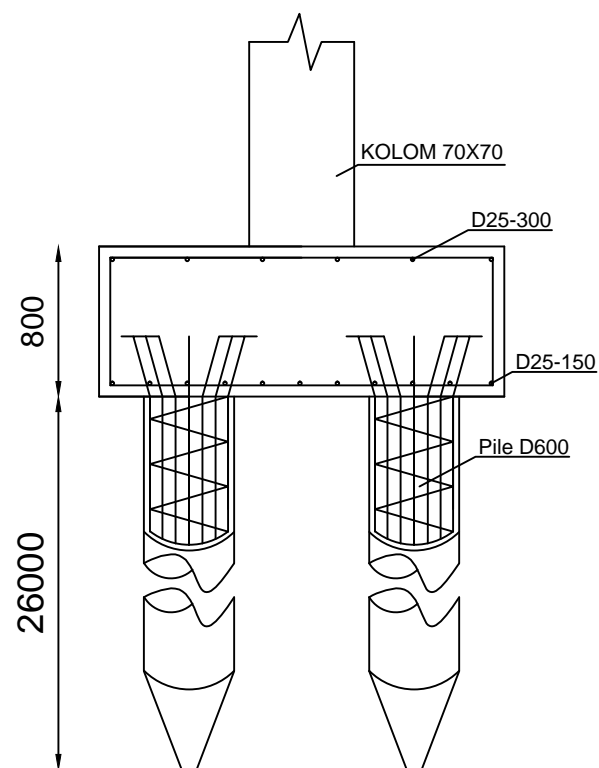
SKALA

1 : 50

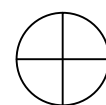
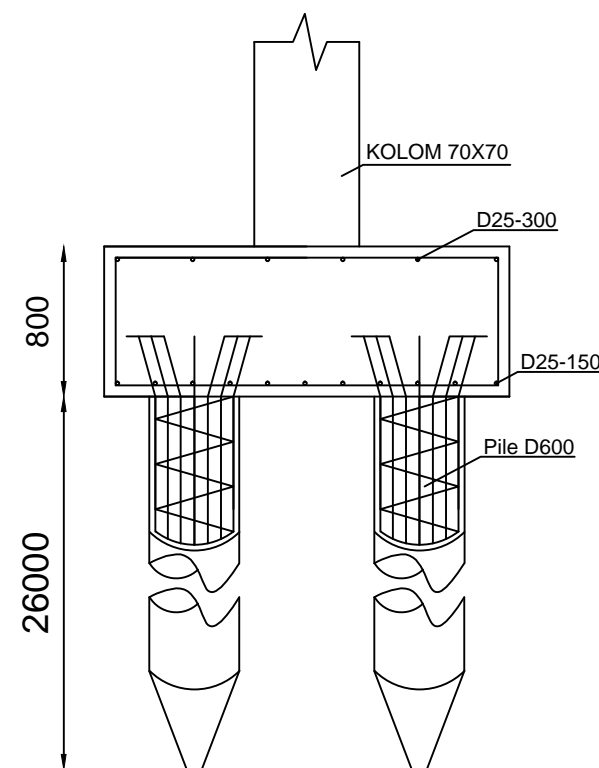
NOMOR GAMBAR

6

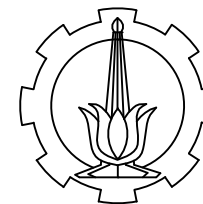
CATATAN



Potongan A-A' Tipe 1
SKALA 1:50



Potongan B-B' Tipe 1
SKALA 1:50



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PILE CAP TIPE 2

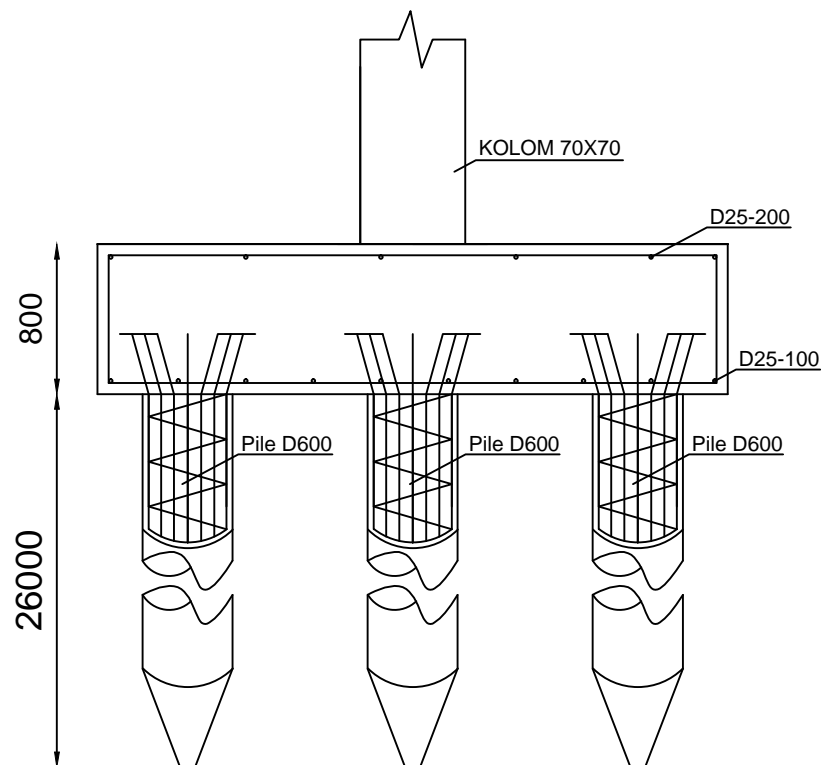
SKALA

1 : 50

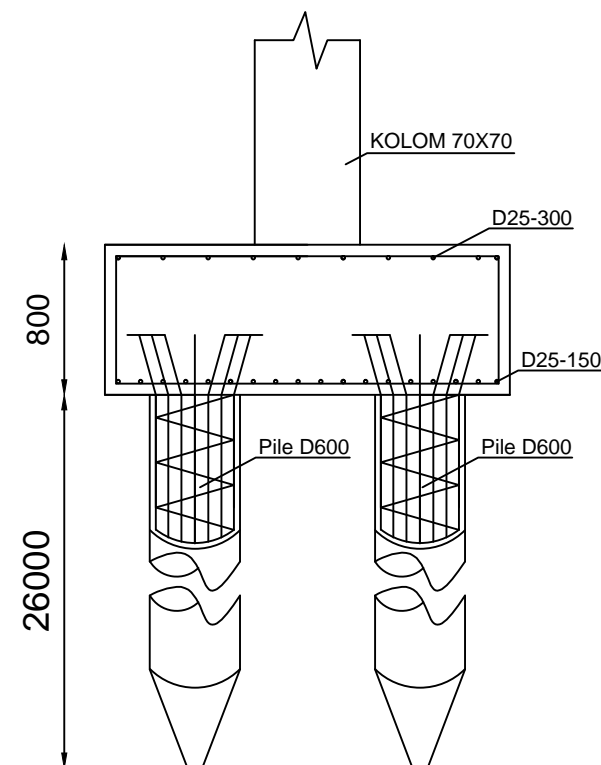
NOMOR GAMBAR

8

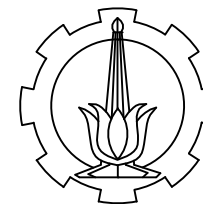
CATATAN



Potongan A-A' Tipe 2
SKALA 1:50



Potongan B-B' Tipe 2
SKALA 1:50



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PILE CAP TIPE 3

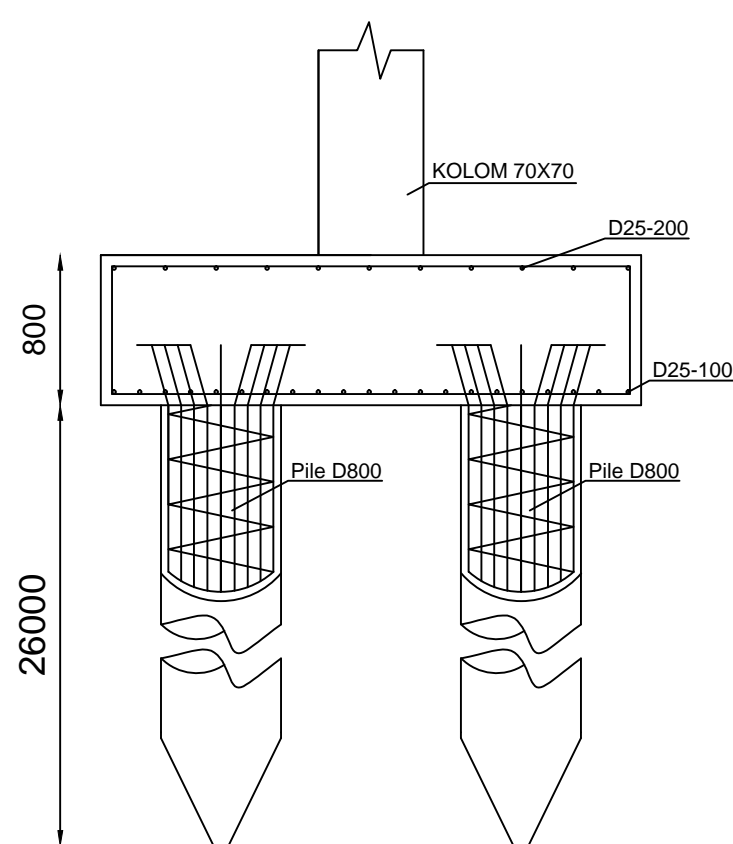
SKALA

1 : 50

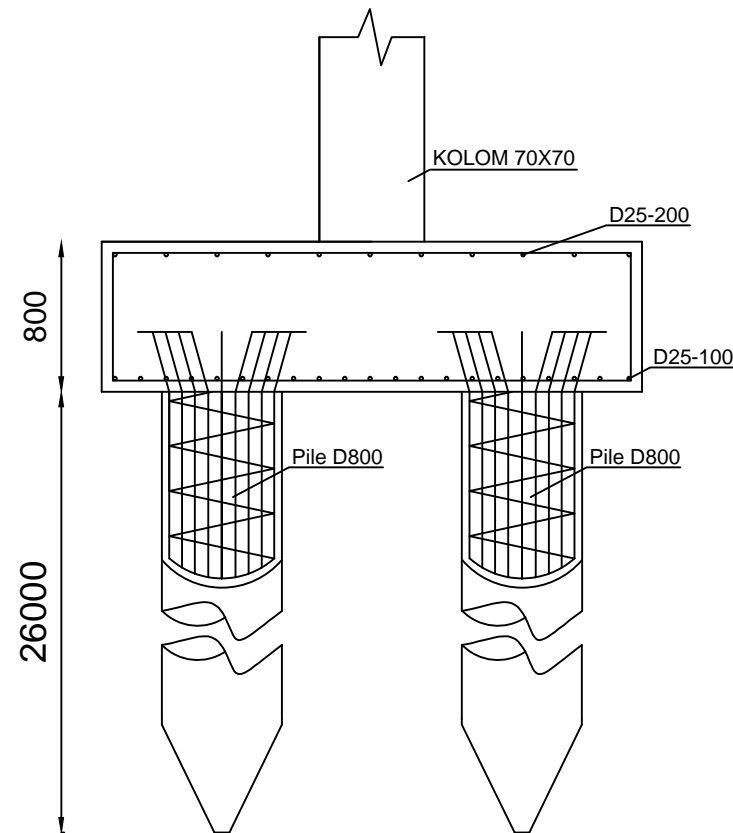
NOMOR GAMBAR

10

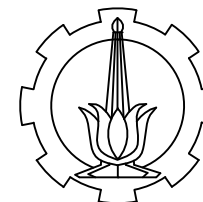
CATATAN



Potongan A-A' Tipe 3
SKALA 1:50



Potongan B-B' Tipe 3
SKALA 1:50



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PILE CAP TIPE 4

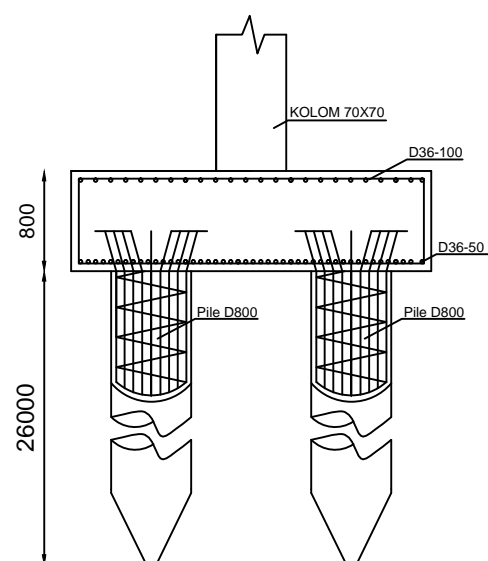
SKALA

1 : 75

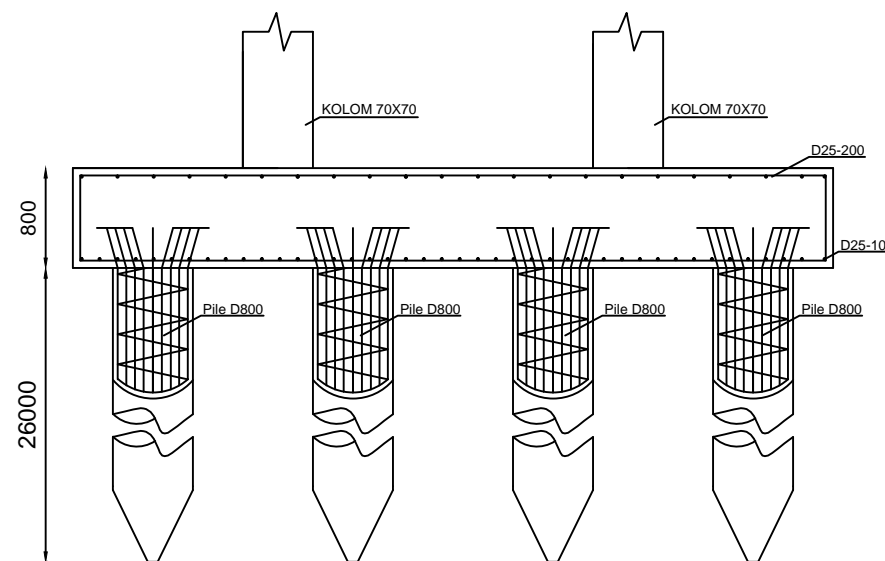
NOMOR GAMBAR

12

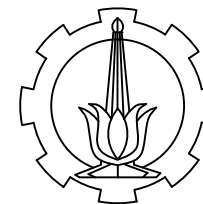
CATATAN



Potongan A-A' Tipe 4
SKALA 1:75



Potongan B-B' Tipe 4
SKALA 1:75



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PILE CAP TIPE 5

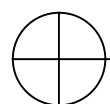
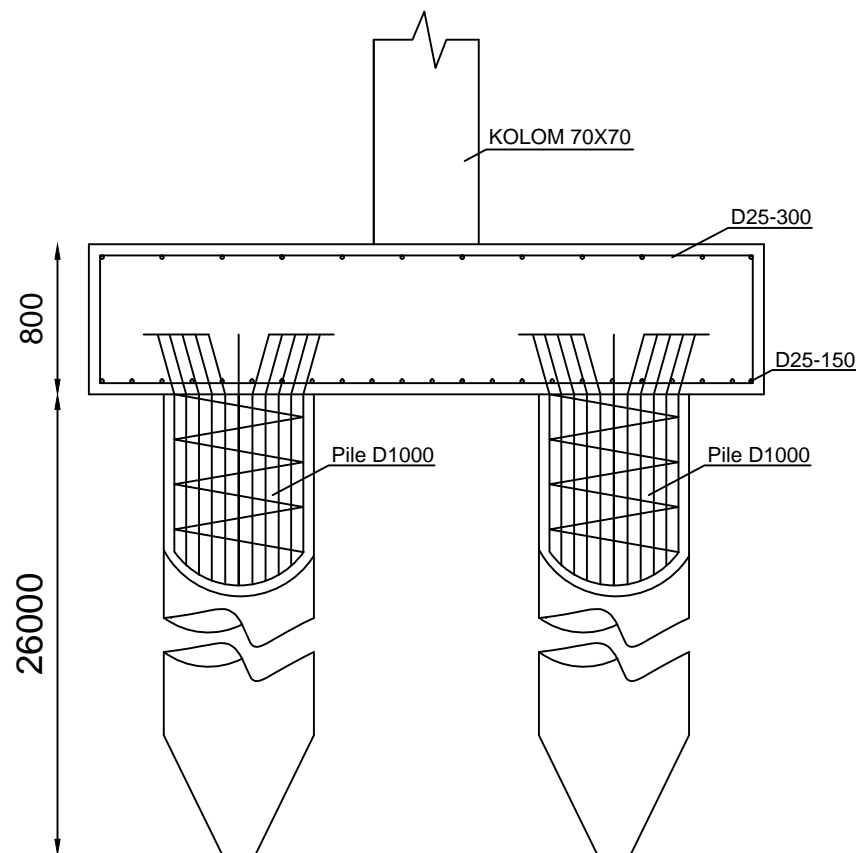
SKALA

1 : 50

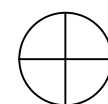
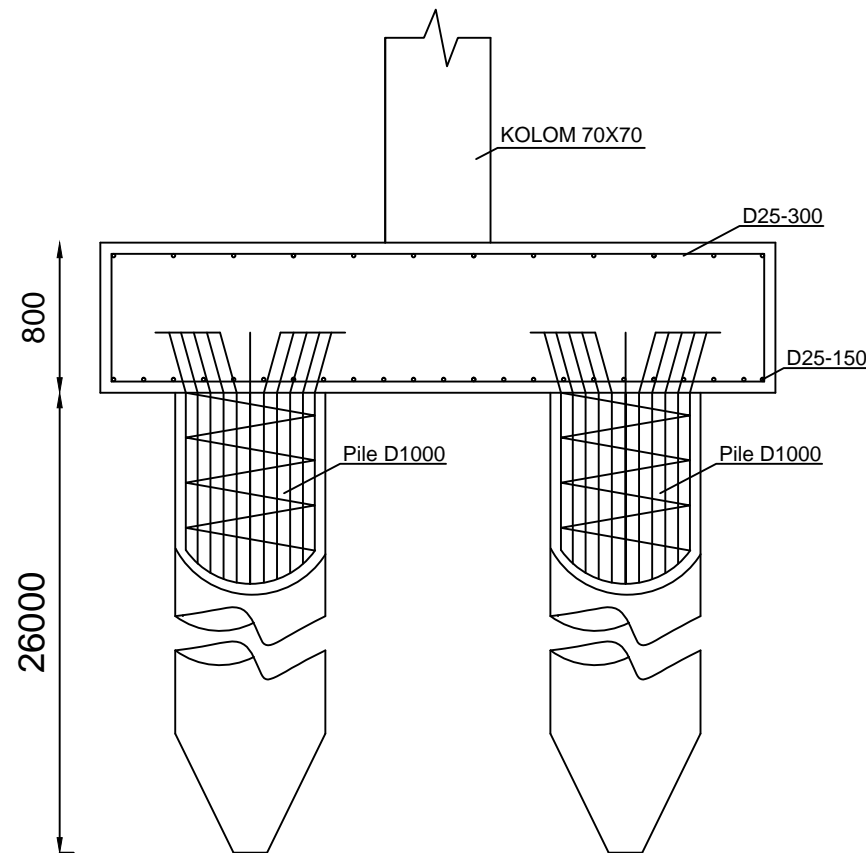
NOMOR GAMBAR

14

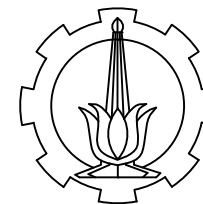
CATATAN



Potongan A-A' Tipe 5
SKALA 1:50



Potongan B-B' Tipe 5
SKALA 1:50



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

DETAIL PENULANGAN
PILE CAP TIPE 6

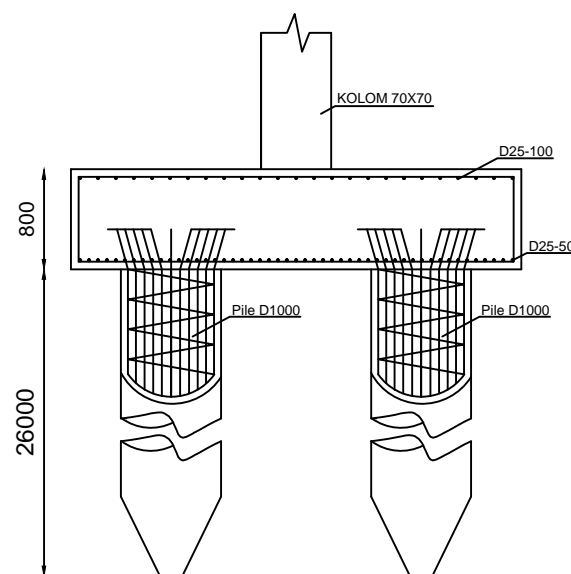
SKALA

1 : 75

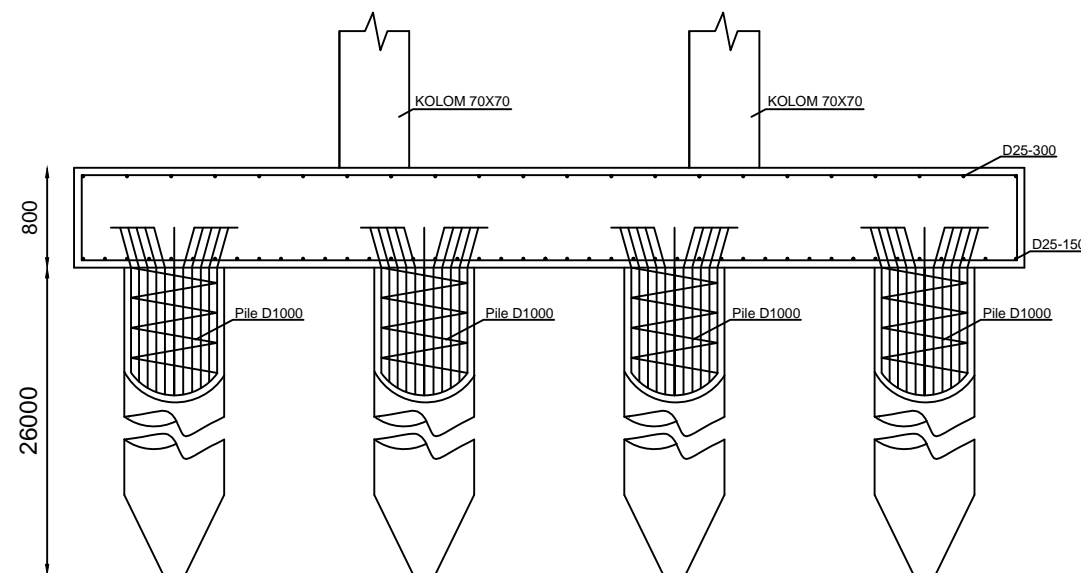
NOMOR GAMBAR

16

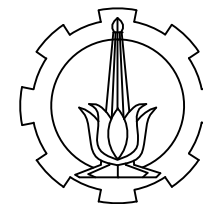
CATATAN



Potongan A-A' Tipe 6
SKALA 1:75



Potongan B-B' Tipe 6
SKALA 1:75



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

PILE CAP TIPE 1

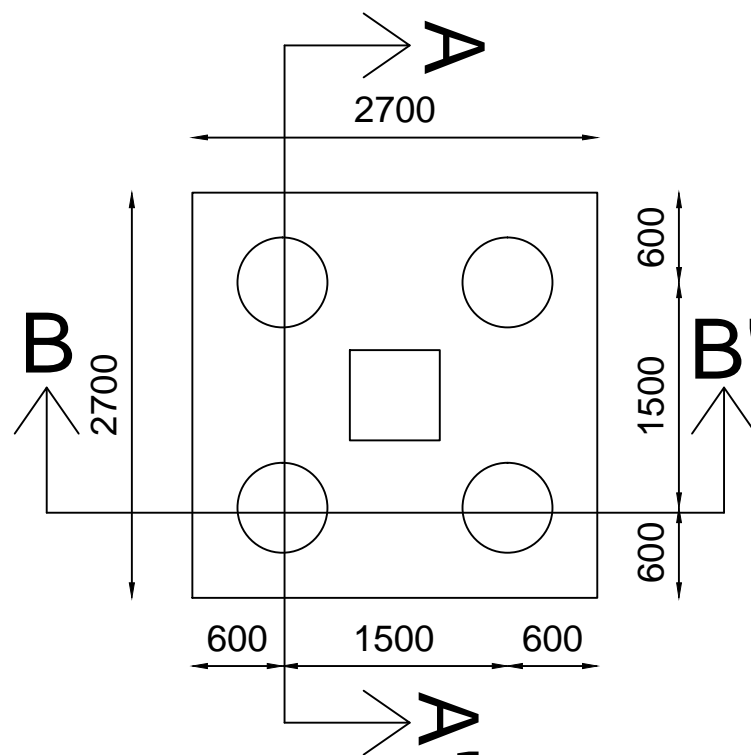
SKALA

1 : 50

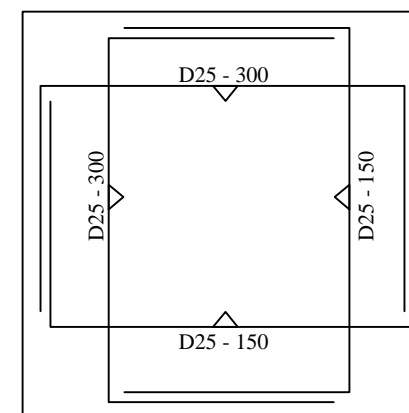
NOMOR GAMBAR

5

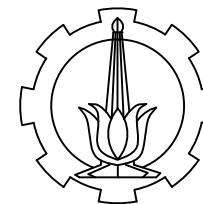
CATATAN



Denah Pondasi Tipe 1
SKALA 1:50



Detail Penulangan Pile Cap Tipe 1
SKALA 1:50



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

PILE CAP TIPE 2

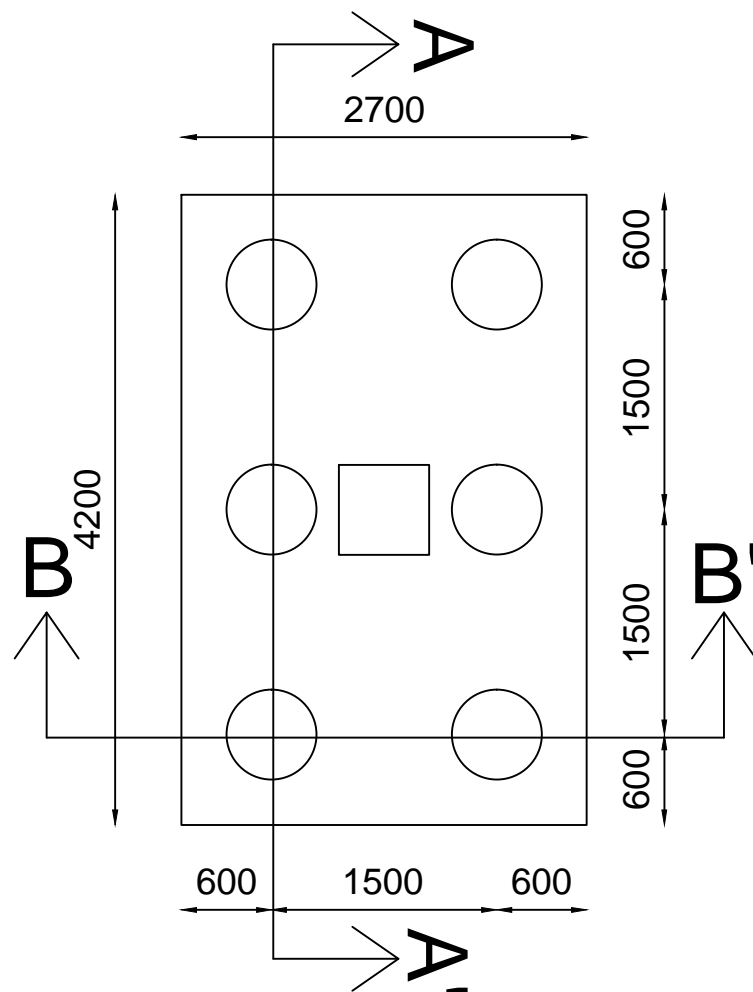
SKALA

1 : 50

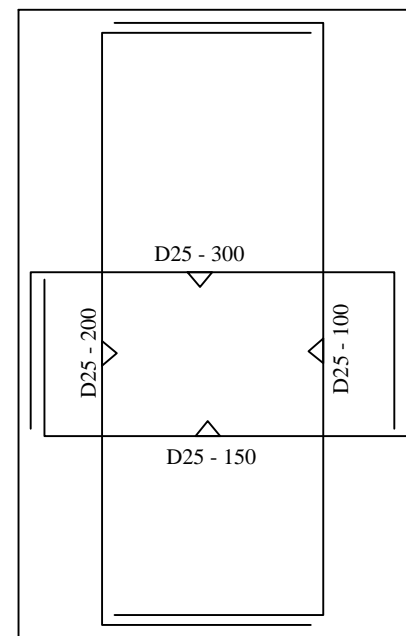
NOMOR GAMBAR

7

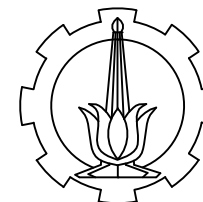
CATATAN



Denah Pondasi Tipe 2
SKALA 1:50



Detail Penulangan Pile Cap Tipe 2
SKALA 1:50



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

PILE CAP TIPE 3

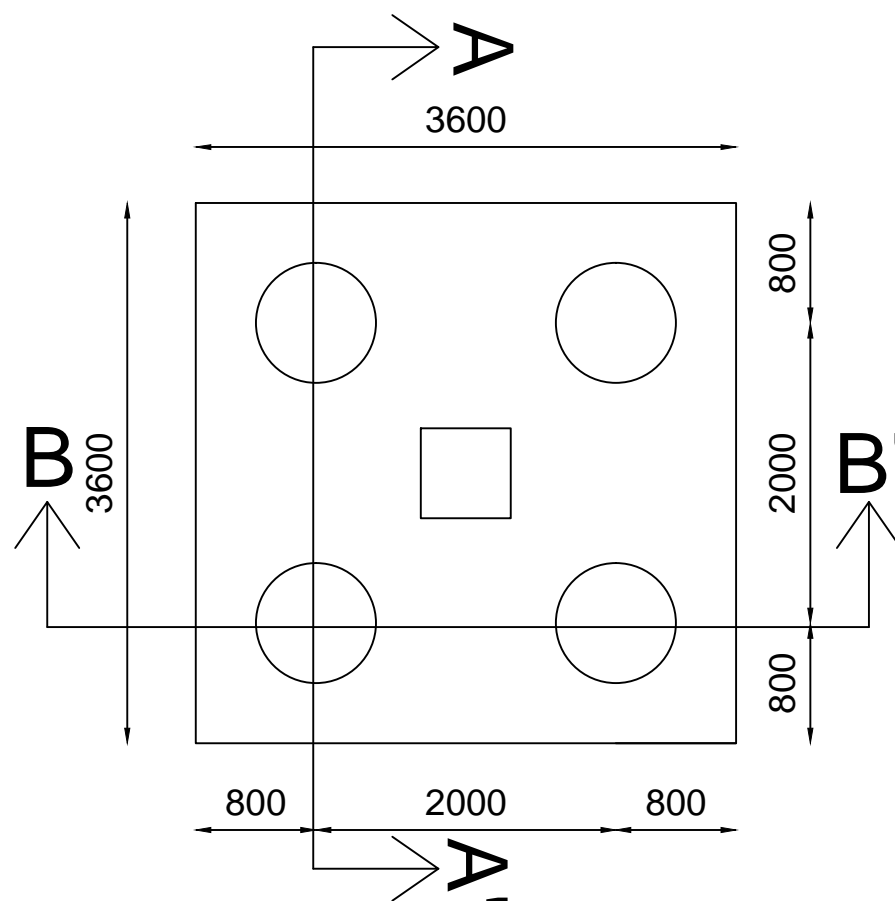
SKALA

1 : 50

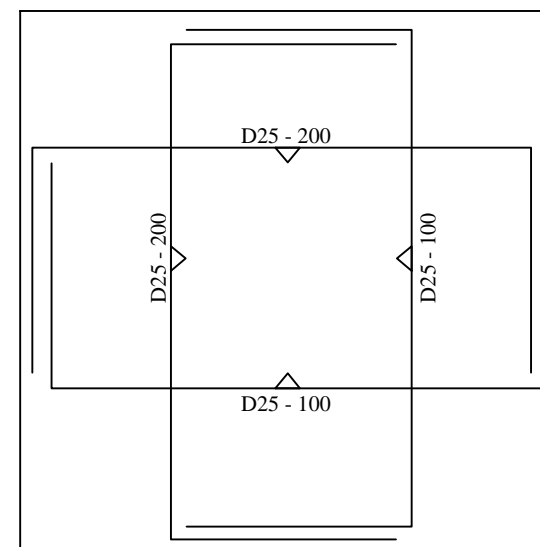
NOMOR GAMBAR


9

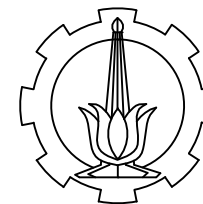
CATATAN



 Denah Pondasi Tipe 3
SKALA 1:50



 Detail Penulangan Pile Cap Tipe 3
SKALA 1:50



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

PILE CAP TIPE 4

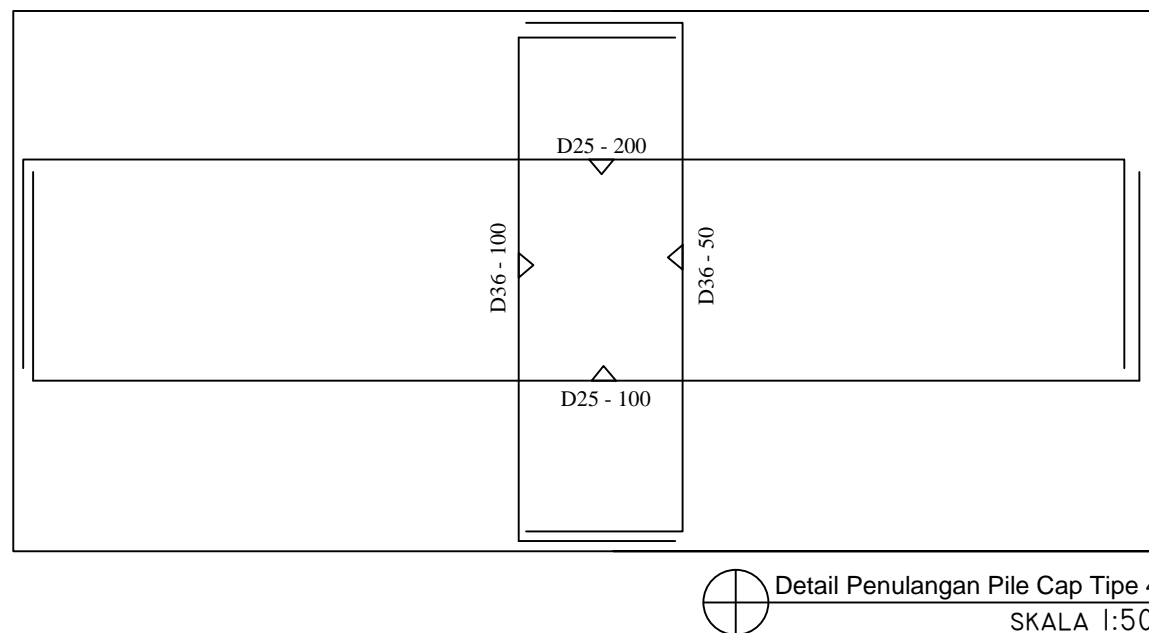
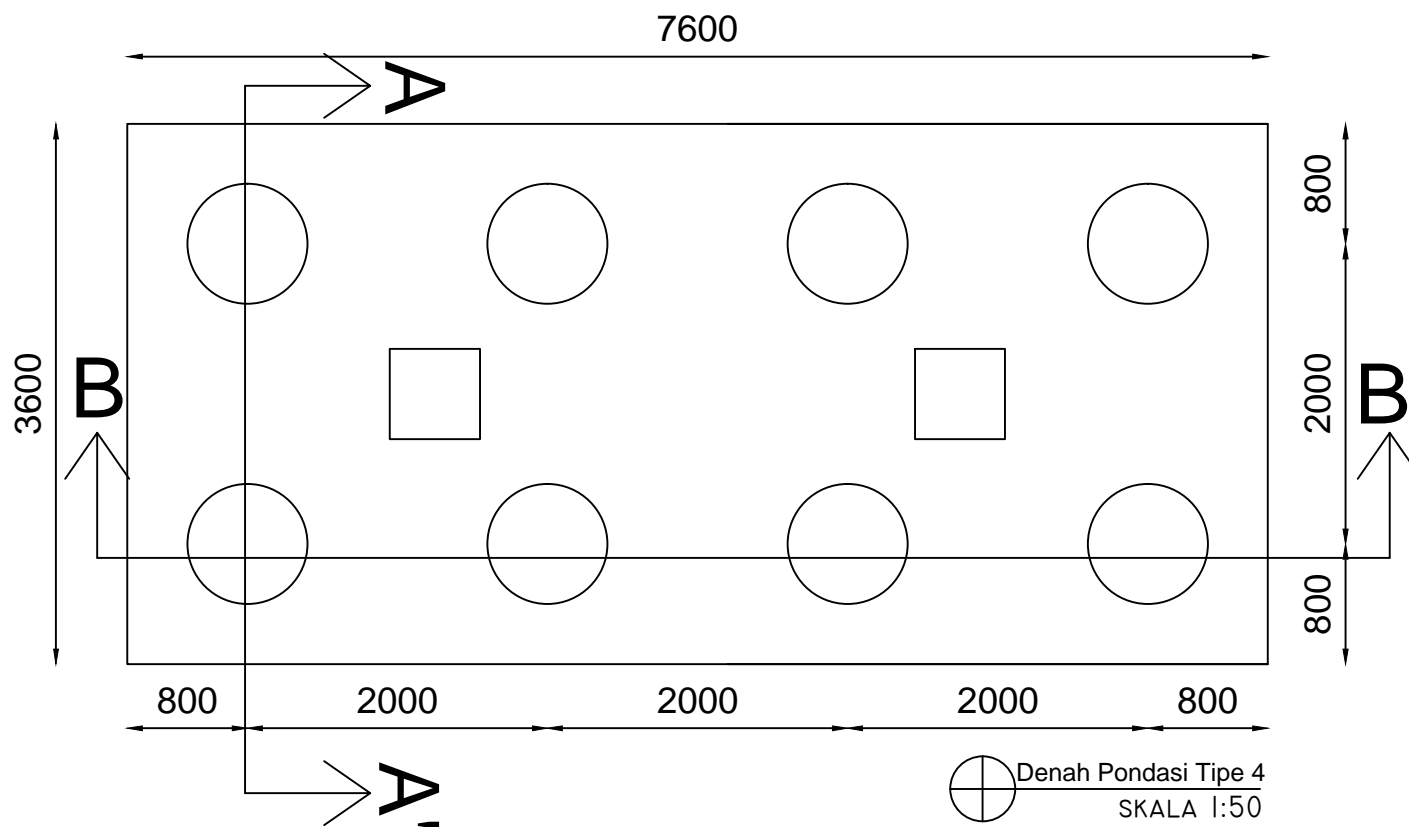
SKALA

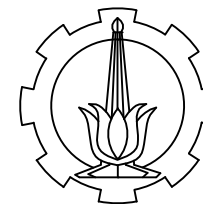
1 : 50

NOMOR GAMBAR

11

CATATAN





PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

PILE CAP TIPE 5

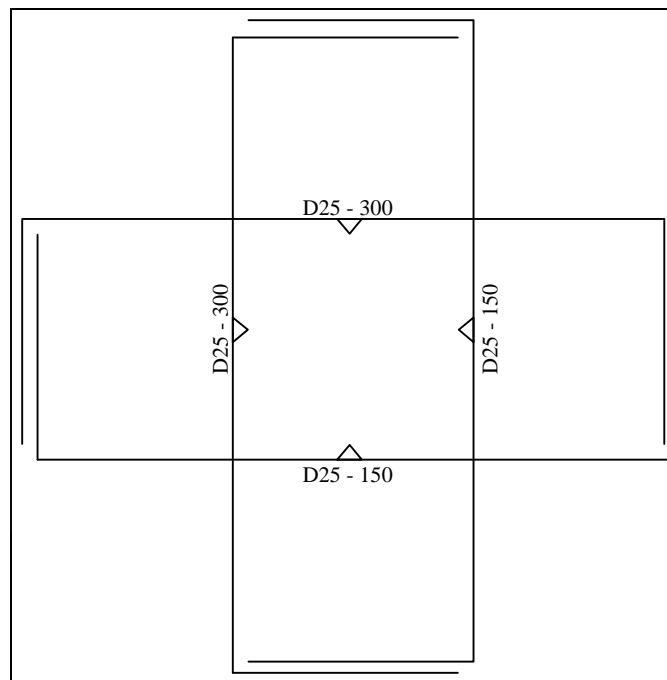
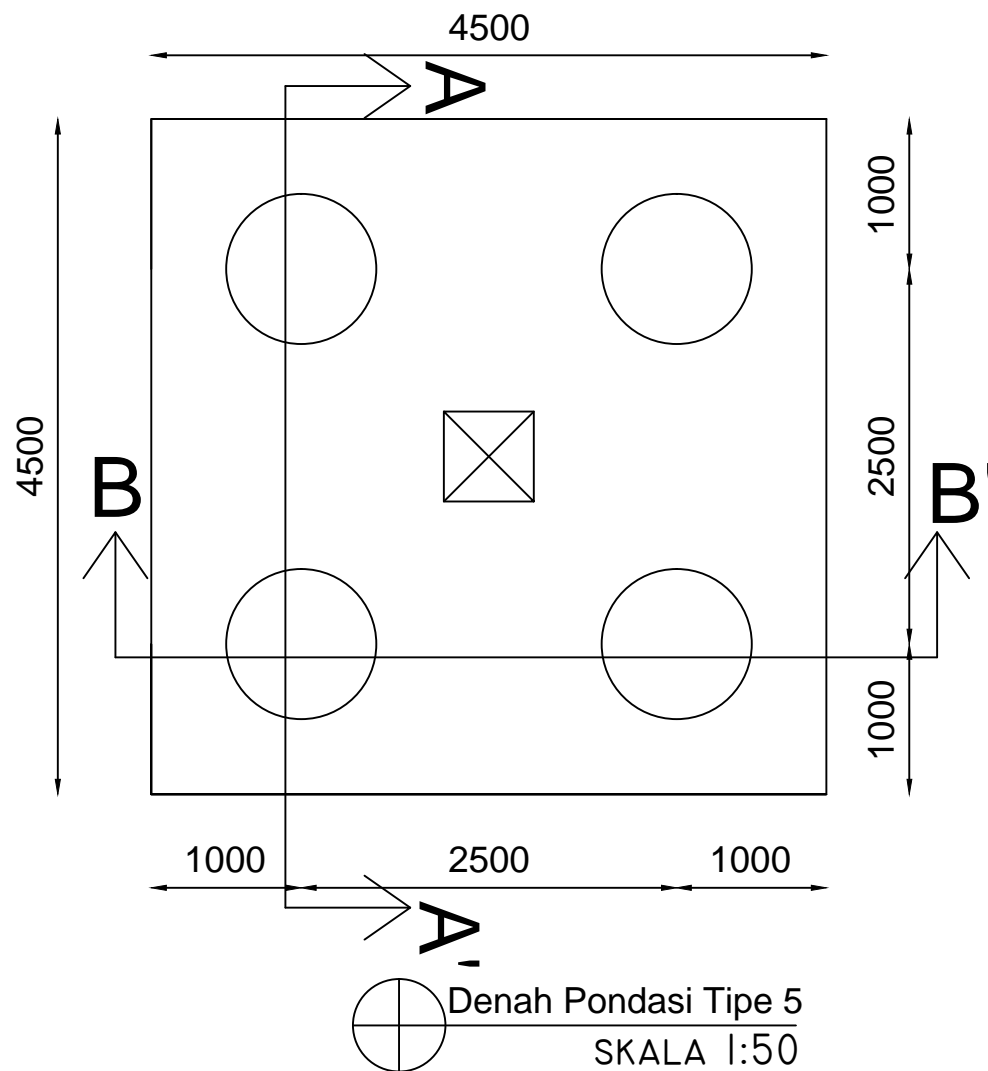
SKALA

1 : 50

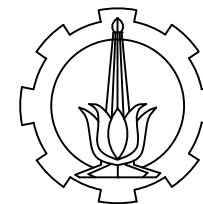
NOMOR GAMBAR

13

CATATAN



Detail Penulangan Pile Cap Tipe 5
SKALA 1:50



PROGRAM S-1
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FTSP-ITS

JUDUL TUGAS AKHIR

PERENCANAAN PONDASI TIANG
PANCANG DENGAN
MEMPERHITUNGKAN PENGARUH
LIKUIFAKSI PADA PROYEK
PEMBANGUNAN HOTEL DI
LOMBOK

DOSEN PEMBIMBING

Prof. Ir. Indrasurya B. M., M.Sc., Ph.D
Dr. Yudhi Lastiasih, ST., MT.

MAHASISWA

M ILHAM GUMILANG S
31 12 100 116

JUDUL GAMBAR

PILE CAP TIPE 6

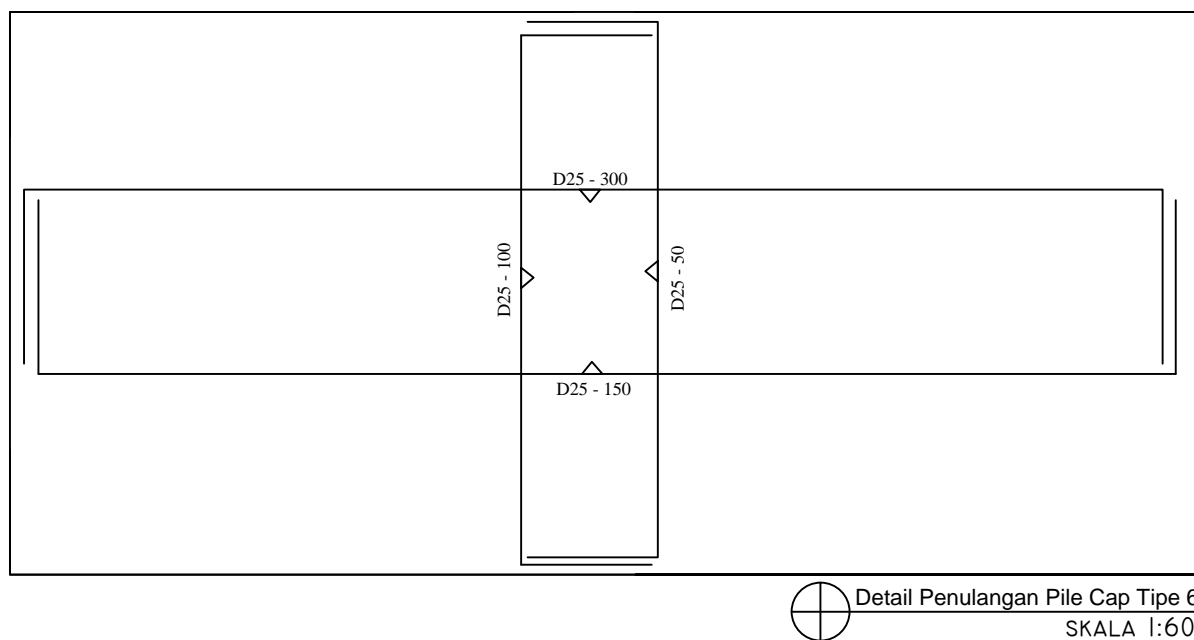
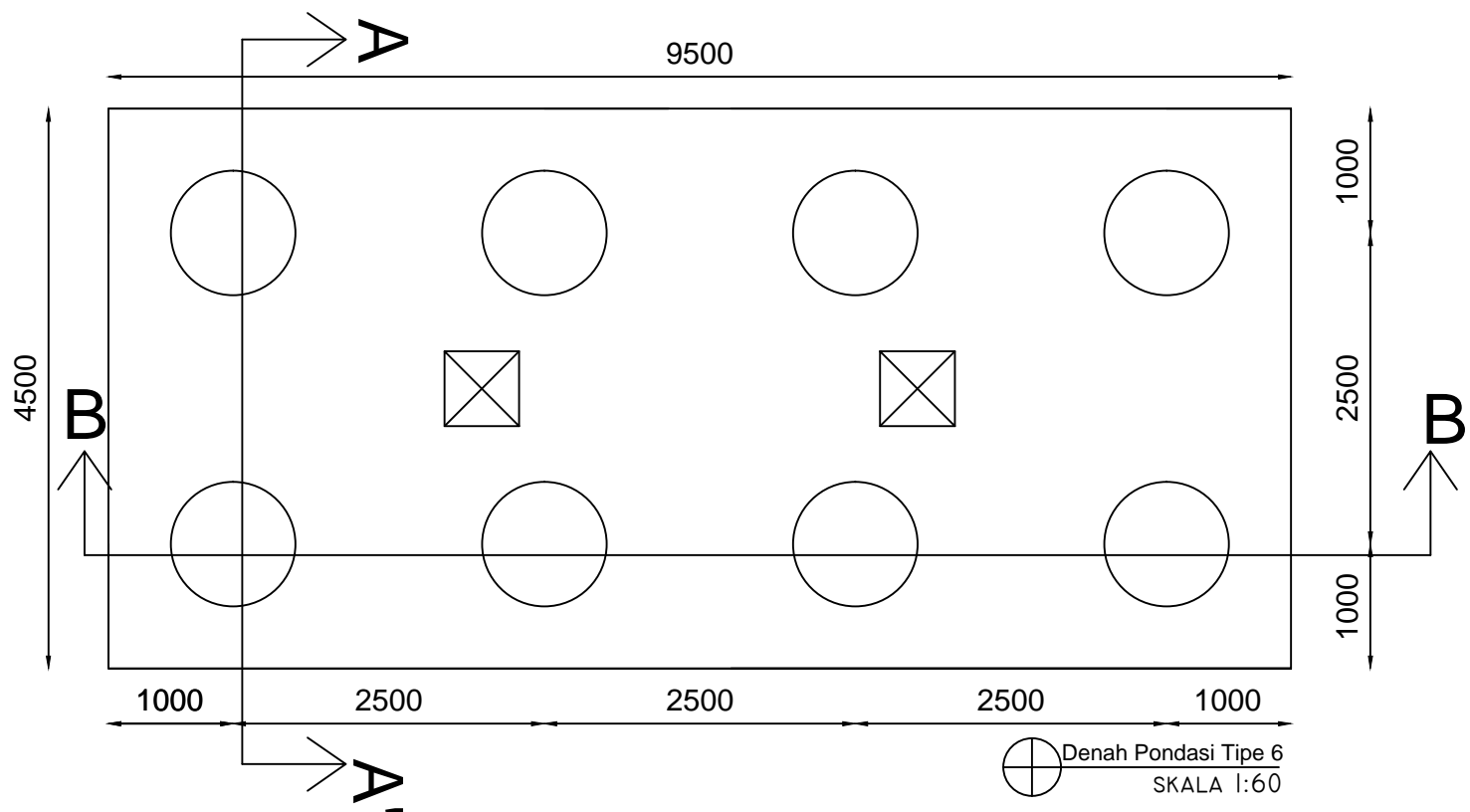
SKALA

1 : 60

NOMOR GAMBAR

15

CATATAN



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Setelah dilakukan perhitungan dan analisa sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Total tebal lapisan tanah yang berpotensi mengalami likuifaksi adalah 12.5 meter.
2. Daya dukung tanah pada kondisi non likuifaksi adalah sebagai berikut :
 - Daya dukung tanah *ultimate* ($Q_{ULTIMATE}$) untuk tiang pancang diameter 600 mm pada kedalaman 26 meter adalah 389.35 ton.
 - Daya dukung tanah *ultimate* ($Q_{ULTIMATE}$) untuk tiang pancang diameter 800 mm pada kedalaman 26 meter adalah 606.64 ton.
 - Daya dukung tanah *ultimate* ($Q_{ULTIMATE}$) untuk tiang pancang diameter 1000 mm pada kedalaman 26 meter adalah 858.89 ton.
3. Daya dukung tanah pada kondisi likuifaksi adalah sebagai berikut :
 - Daya dukung tanah *ultimate* ($Q_{ULTIMATE}$) untuk tiang pancang diameter 600 mm pada kedalaman 26 meter adalah 346.03 ton.
 - Daya dukung tanah *ultimate* ($Q_{ULTIMATE}$) untuk tiang pancang diameter 800 mm pada kedalaman 26 meter adalah 548.88 ton.
 - Daya dukung tanah *ultimate* ($Q_{ULTIMATE}$) untuk tiang pancang diameter 1000 mm pada kedalaman 26 meter adalah 786.69 ton.
4. Perbedaan daya dukung tiang pancang ditinjau untuk satu jenis *pile cap* yang sama. Daya dukung satu tiang untuk *pile cap* tipe 1 dengan D600 pada masing-masing kondisi perencanaan adalah sebagai berikut :

- Q_{IJIN} tekan satu tiang untuk perencanaan kondisi 1 adalah 93.1 ton.
 - Q_{IJIN} tekan satu tiang untuk perencanaan kondisi 2 adalah 280.236 ton.
 - Q_{IJIN} tekan satu tiang untuk perencanaan kondisi 3 adalah 232.738 ton.
 - Q_{IJIN} tekan satu tiang untuk perencanaan kondisi 4 adalah 110.827 ton.
5. Perbedaan kebutuhan dimensi dan jumlah pondasi pada tiap kondisi perencanaan dapat dilihat pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Kebutuhan Pondasi

Kondisi	Jenis Tiang	Dimensi	Jumlah Tiang	Panjang Tiang (m)
Kondisi 1	Precast Spun Pile	D1000	192	26
Kondisi 2	Bored Pile	D800	192	26
Kondisi 3	Precast Spun Pile	D600	192	26
Kondisi 4	Precast Spun Pile	D600	256	26

6. Konfigurasi *pile cap* yang direncanakan sesuai dengan kebutuhan pada seluruh kondisi perencanaan dapat dilihat pada Lampiran 5.
7. Biaya bahan tiang pancang yang dibutuhkan untuk masing-masing kondisi perencanaan adalah sebagai berikut :
- Kondisi 1 = Rp 6.240.000.000
 - Kondisi 2 = Rp 19.925.218.545
 - Kondisi 3 = Rp 3.744.000.000
 - Kondisi 4 = Rp 4.992.000.000

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan berdasarkan hasil analisa dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

- Adanya uji laboratorium untuk mendapatkan parameter fisis tanah lainnya, sehingga perencanaan akan lebih akurat.
- Sebaiknya analisa zona likuifaksi dilakukan terhadap aspek gradasi dan juga aspek tegangan. Sehingga analisa terhadap lapisan tanah yang berpotensi likuifaksi lebih akurat. Oleh karena itu perlu dilakukan analisa ayakan untuk mendapatkan kurva gradasi butiran tanah.
- Perhitungan biaya perencanaan pondasi dilakukan lebih detail lagi. Karena harga tiang pancang dapat dipengaruhi oleh banyak hal, seperti : diameter tiang, panjang per segmen tiang, dan lokasi proyek.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. 2012. **Tata Cara Perencanaan Ketahanan Gempa Untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1726-2012)**. Bandung : BSN.
- Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS. 2002. **Modul H : Perencanaan Tiang Pancang**. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.
- Wahyudi, Herman. 2013. **Daya Dukung Pondasi Dalam**. Surabaya : Jurusan Teknik Sipil FTSP – ITS.
- Seed, H. B., dan I. M. Idriss. 1982. **Ground Motions and Soil Liquefaction During Earthquakes**. Berkeley : Earthquake Engineering Research Institute.
- Madabhushi, G., Jonathan K., dan Stuart H. 2010. **Design of Pile Foundation in Liquefiable Soils**. London : Imperial College Press.
- Das, Braja M. 1985. **Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis)**. Diterjemahkan oleh Indrasurya B.M. dan Noor E.M. Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Bhattacharya, S. 2003. “A Reconsideration of the Safety of Piled Bridge Foundations in Liquefiable Soils”. **Proceeding Soils and Foundations Japanese Geotechnical Society**. Vol. 45, No.4, 13.25, Aug. 2005.
- Idriss, I.M., and R.W. Boulanger. 2010. **SPT-Based Liquefaction Triggering Procedures**. California : Center For Geotechnical Modeling University of California.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Rantau, pada 25 Agustus 1994 dengan nama lengkap Muhammad Ilham Gumilang Syafei. Penulis merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Pendidikan formal yang telah ditempuh oleh penulis yaitu SD Kedokanagung III Karangampel, SMP Negeri 1 Cirebon, SMA Pesantren Unggul Albayan. Kemudian penulis melanjutkan ke jenjang pendidikan sarjana jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS Surabaya pada tahun 2012 dan terdaftar dengan NRP 3112100116.

Selama berkuliah di Jurusan Teknik Sipil ITS, penulis tidak hanya aktif di dunia perkuliahan saja, namun juga aktif di berbagai kepanitiaan. Mulai dari kepanitiaan tingkat jurusan hingga kepanitiaan tingkat fakultas. Penulis juga aktif sebagai anggota departemen sosial masyarakat BEM FTSP ITS periode 2013-2014 dan juga anggota departemen syiar LDJ Alhadiid. Pada periode kepengurusan 2014-2015 BEM FTSP ITS, penulis dipercaya sebagai ketua biro kaderisasi departemen pengembangan sumber daya mahasiswa BEM FTSP ITS. Pada akhir masa perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil ITS, penulis mengambil tugas akhir di bidang geoteknik.

Email : ilhamsyafei@gmail.com